



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MODELO GENERAL DE REFERENCIA PARA ALCANZAR
DECISIONES EXITOSAS EN LA MIGRACION DE LAS REDES
CELULARES EXISTENTES HACIA LA TERCERA GENERACIÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

JESUS GILBERTO CRUZ OCHOA

DIRECTOR DE TESIS

ING. MARIO A. IBARRA PEREYRA





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos a:

Luis Cruz Morales y Josefina Ochoa García.

Para mis padres, que enfrentaron con determinación y valor un camino incierto, lleno de vicisitudes para impulsar a sus hijos a través de la educación y la cultura a una mejor posición en la sociedad.

Nada existe para dar a cambio de este esfuerzo, solo la superación diaria de conocimientos y valores, dedicada a ellos.

Jesús Gilberto Cruz Ochoa

Indice General

1. Introducción	1
2. Análisis Mercadológico de las Redes Celulares	11
3. Red de Acceso Múltiple por División de Frecuencia, FDMA	41
4. Red de Acceso Múltiple por División de Tiempo, TDMA	87
5. Red de Acceso Múltiple por División de Tiempo, GSM	119
6. Red de Acceso Múltiple por División de Código, CDMA	145
7. Red de acceso Inalámbrico de banda Ancha, WIMAX	183
8. Modelo Matemático	241
9. Conclusiones	295
10. Bibliografía	301

Capítulo 1

Introducción

1.1. Objetivo principal	4
1.2. Objetivo 2	4
1.3. Objetivo 3	4
1.4. Estrategia General	4
1.5 Sistema de Referencia	5
1.6 Bloques funcionales	6
1.6 Diagrama Funcional de bloques del proyecto, modelo de referencia	7

1. Introducción

Uno de los problemas que está enfrentando la industria celular es la incertidumbre de hacia donde se dirige esta. ¿Cuál es la meta final del negocio?, ¿Cuál tecnología es la que llevará a la industria y a los operadores a su consolidación?, ¿Cuál es el camino tecnológico que debe seguirse para asegurar el éxito financiero?, ¿Qué debe hacerse en cuanto a la administración de las redes celulares?, ¿Se debe seguir administrando de acuerdo a la manera clásica? , (operadores realizando la supervisión de la instalación inicial y después realizar las funciones de operación y mantenimiento y compartir la responsabilidad de crecimiento con los proveedores), ¿Cuál de los nuevos productos y desarrollos tecnológicos debe incorporarse a la red existente?, ¿Qué debe hacerse con los altos costos del medio de transporte?, ¿Qué debe hacerse con la decisión de implementar el transporte por medio de ATM o IP?, ¿Es necesario dedicar el sistema a dar servicio a los segmentos de prepago o dedicarse a los segmentos de negocios?. Todas estas interrogantes hacen de la industria celular un mundo apasionante donde un error puede tener un costo tan alto que puede poner a los operadores, en riesgo de desaparición, o ser engullidos después de una competencia feroz donde nadie está a salvo.

Este análisis está dirigido a tratar de implementar una herramienta que pueda dar un poco de certidumbre a los ejecutivos, tanto de la parte proveedora como de la parte del operador durante la toma de decisiones, en el camino de transición o punto de inflexión entre la segunda y la tercera generación y tal vez tocando suavemente la cuarta generación.

Tal vez este Análisis esté un poco influenciado por la parte proveedora de la industria, aunque es no premeditado, debido a que el autor ha participado de este lado del mercado desde hace 15 años.

Se hablará de las características de las diferentes tecnologías y no se profundizará en los detalles técnicos; solo se mostrarán los aspectos más importantes para soportar un desarrollo apropiado del presente estudio. Se adicionarán algunos apartados donde se hablará acerca de los principales atributos técnicos de las diferentes tecnologías.

En el presente capítulo se anota un panorama general de la tesis introduciendo algunos aspectos básicos, estrategias y diagramas de bloques que ayudarán a entender la idea global del trabajo.

En el capítulo del 2 se presentan tablas con información del desarrollo del mercado celular a través de Latinoamérica, tecnologías, índices de crecimiento, índices de ocupación, etc.

En los capítulos del 3 al 7 se hace una breve descripción de los aspectos básicos de las tecnologías de redes de acceso celulares que se han utilizado en Latinoamérica hasta ahora y que servirán como fuente de información y referencia para la etapa de evaluación.

En el capítulo 8 se presenta el desarrollo del **Modelo General de Evaluación** y un caso de estudio donde se analiza la posibilidad de implementar un sistema de prueba de esta tecnología.

En el capítulo 9, se presentan las conclusiones de éste trabajo.

1.1. Objetivo principal.

Desarrollar un modelo para alcanzar decisiones exitosas en la migración de las redes celulares hacia la tercera generación. En otras palabras, elaborar un modelo básico del ambiente celular, tan simplificado como sea posible, pero que permita predecir adecuadamente las consecuencias de las posibles decisiones que se puedan tomar.

Por medio de este modelo se analizarán las diversas opciones de tecnología que hay en el mercado y que aplicadas al escenario de mercado específico del operador proporcione un indicador confiable que ayude a la toma de decisiones correcta, soportado este indicador en la evaluación de cada una de las variables internas y externas, técnicas y no técnicas que afecten a este mercado en particular.

1.2. Objetivo 2

Proporcionar una herramienta que ayude en la toma de decisiones correcta, para alcanzar **la consolidación final** de los sistemas celulares en el mercado, lo que sería el principal objetivo de cualquier operador celular.

1.3. Objetivo 3

Proporcionar una herramienta a los suministradores de equipo celular que ayude a predecir el porcentaje de éxito de sus productos dentro de las redes celulares existentes. Esta puede ser una herramienta valiosa para evitar gastos innecesarios en la introducción de nuevos productos que no tienen posibilidades de éxito.

1.4. Estrategia General

El modelo general, será formado por bloques funcionales, los cuales representarán los diversos elementos del sistema celular. Estos bloques serán utilizados para evaluar cada uno de los subsistemas de la red celular en cuestión. Cada uno de estos bloques será evaluado individualmente y cada uno de ellos aportará un cierto valor que sumado con los de los otros bloques del sistema bajo evaluación, proporcionarán el valor final que indicará el porcentaje de éxito para cada una de las tecnologías. Estos bloques también pueden ser analizados individualmente de tal manera que no será necesario evaluar el sistema en su conjunto para obtener la referencia sobre algún sub-sistema específico.

El modelo podrá ser utilizado para las diferentes tecnologías, de tal manera que se puedan analizar y evaluar las diferentes opciones de tecnología y se obtenga por comparación la mejor alternativa.

Una vez que se tenga el modelo o algoritmo (hojas de cálculo para cada tecnología), de este sistema de referencia se podrán aplicar a los sistemas existentes bajo sus condiciones específicas de tal manera que se tenga una herramienta de análisis, flexible y disponible para cualquier persona que conozca el mercado y sus tendencias y que pueda utilizarla para obtener indicadores básicos de viabilidad, de sus decisiones, sin tener que ir a realizar complicados y largos análisis de ingeniería para saber el impacto de utilizar esta u otra tecnología o analizar como la selección de esta u otra tecnología impactarán los indicadores económicos de su empresa (ARPU, CAPEX, OPEX). La herramienta a utilizar para realizar este modelo de referencia será inicialmente la hoja de cálculo Excel la cual se ha seleccionado por su disponibilidad y popularidad.

Algunos de las variables a evaluar son totalmente subjetivos; de modo que, su resultado quedará soportado al conocimiento que tenga la persona evaluadora de las variables que inciden en su sistema dentro del mercado específico donde se encuentra localizado su sistema celular.

Como un ejemplo de estas variables subjetivas podemos decir: la preferencia de los integrantes de los consejos de administración, el momento político del país donde se encuentre el sistema, las regulaciones de comunicaciones futuras, las tendencias del mercado, el caso de negocios, etc.

Como se puede ver, este modelo de referencia puede ser actualizado y mejorado a través del tiempo, incluyendo información actualizada, más bloques funcionales, nuevos desarrollos de tecnología, etc., por lo que el mantenimiento cotidiano de este modelo es esencial para su mejoramiento y funcionalidad. Este modelo también puede ser enriquecido por la experiencia de los usuarios de tal manera que lo puedan modificar a la medida de sus propias necesidades.

1.5 Sistema de Referencia

El diagrama general del sistema será formado por diagramas de bloques, los cuales podrán representar a las principales tecnologías de telefonía celular (AMPS, TDMA, CDMA, GSM), que están en servicio en el mercado así como las tecnologías intermedias 2.5 G, CDMA 1X GSM/GPRS y finalmente las de tercera y cuarta generación, WCDMA, UMTS, HSDPA, HSUPA, WIMAX.

Cada uno de estos subsistemas puede ser representado con bloques, los cuales contienen cada una de las variables que impacten significativamente el comportamiento del sistema.

1.6 Bloques funcionales

Cada bloque funcional será formado por hojas de cálculo que analicen las ventajas y desventajas de cada elemento dentro del contexto global de cada tecnología; por ejemplo: capacidad, flexibilidad de interconexión, estándares abiertos, etc. Como ejemplo de algunos bloques funcionales podemos citar los bloques de RF, los cuales muestran los beneficios para cada una de las tecnologías de acceso, los nuevos desarrollos tecnológicos que impactan o que mejoran los ingresos por usuario, la complejidad en las labores de ingeniería y las actividades de operación y mantenimiento en cada una de las tecnologías

Este modelo estará dirigido esencialmente al entorno del mercado celular de México aunque se proporcionarán datos de las redes de Latinoamérica, y los valores e indicadores que se utilizarán serán aproximados y algunas veces supuestos, por lo que los resultados obtenidos en cualquier simulación serán aproximados y dependerán totalmente de la exactitud de la información con que se cuente.

Los valores de capacidades de los diferentes sistemas que aquí se consideran, no son exactamente los reales, por lo que cualquier resultado también dependerá de la exactitud de la información que se introduzca.

La información que aquí se muestre y las ventajas y desventajas son del conocimiento general de la industria. Existe sin embargo alguna otra información que no será posible incluir de manera escrita debido a razones de confidencialidad.

Este modelo será de utilidad para personas que analicen las redes celulares para tomar decisiones de inversión, considerando que ellos tienen a su disposición los datos exactos de la tecnología que ofrecen o requieren y que poseen información de inteligencia de sus cercanos competidores. Como una nota importante, en este modelo se considerará información aproximada y del dominio público, para poder simular como ejemplo alguno de los elementos de la red actual de los operadores celulares existentes, aunque los resultados no podrán ser tan exactos debido a la restringida disponibilidad de la información de los proveedores y operadores celulares.

En la figura 1.1 se puede ver algunas de las variables que afectan a un sistema celular.

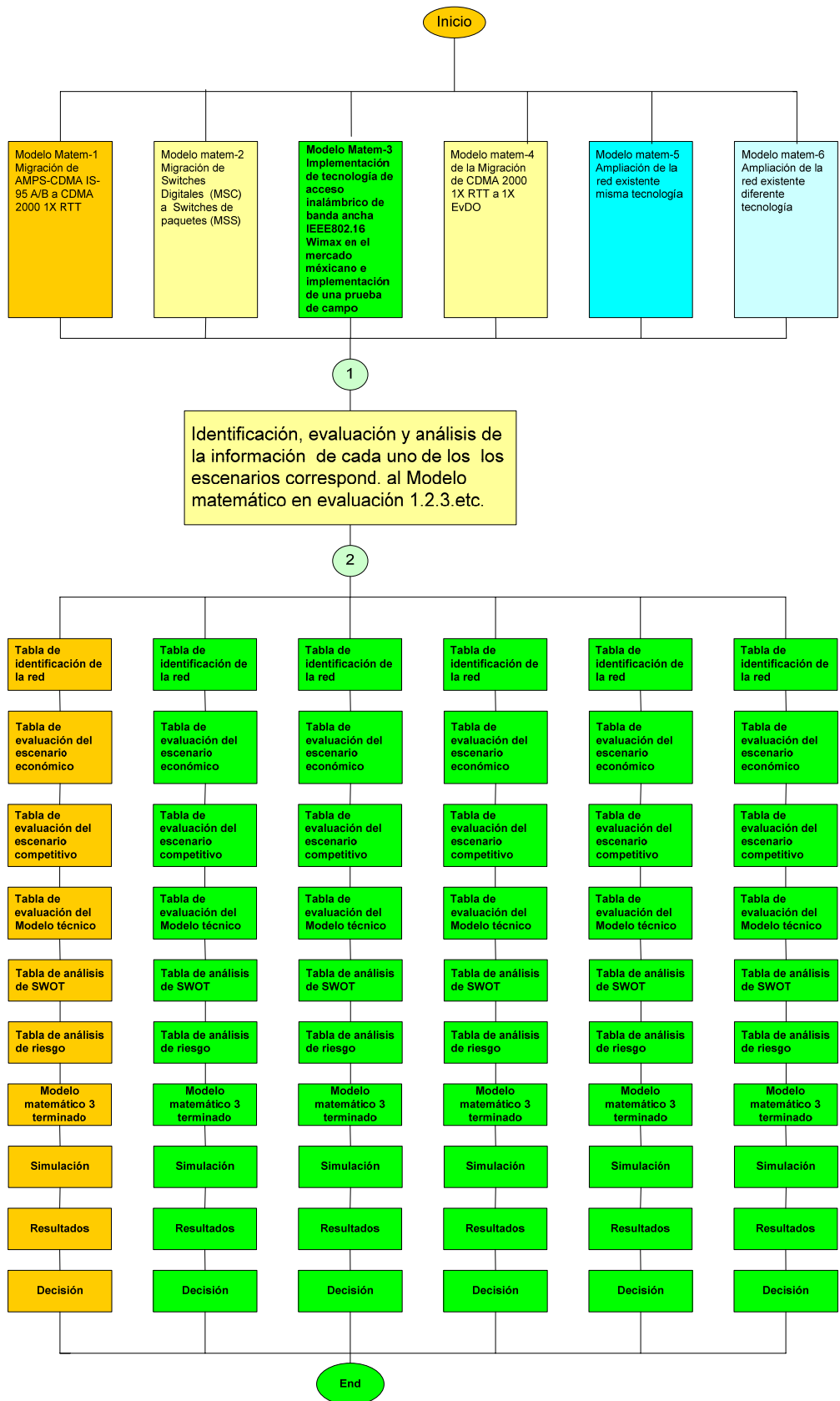


Figura 1.2.- Diagrama de bloques del Modelo general de Referencia

En la figura 1.3, se desarrollan los bloques principales en sub-bloques para hacer más explícito este aspecto.

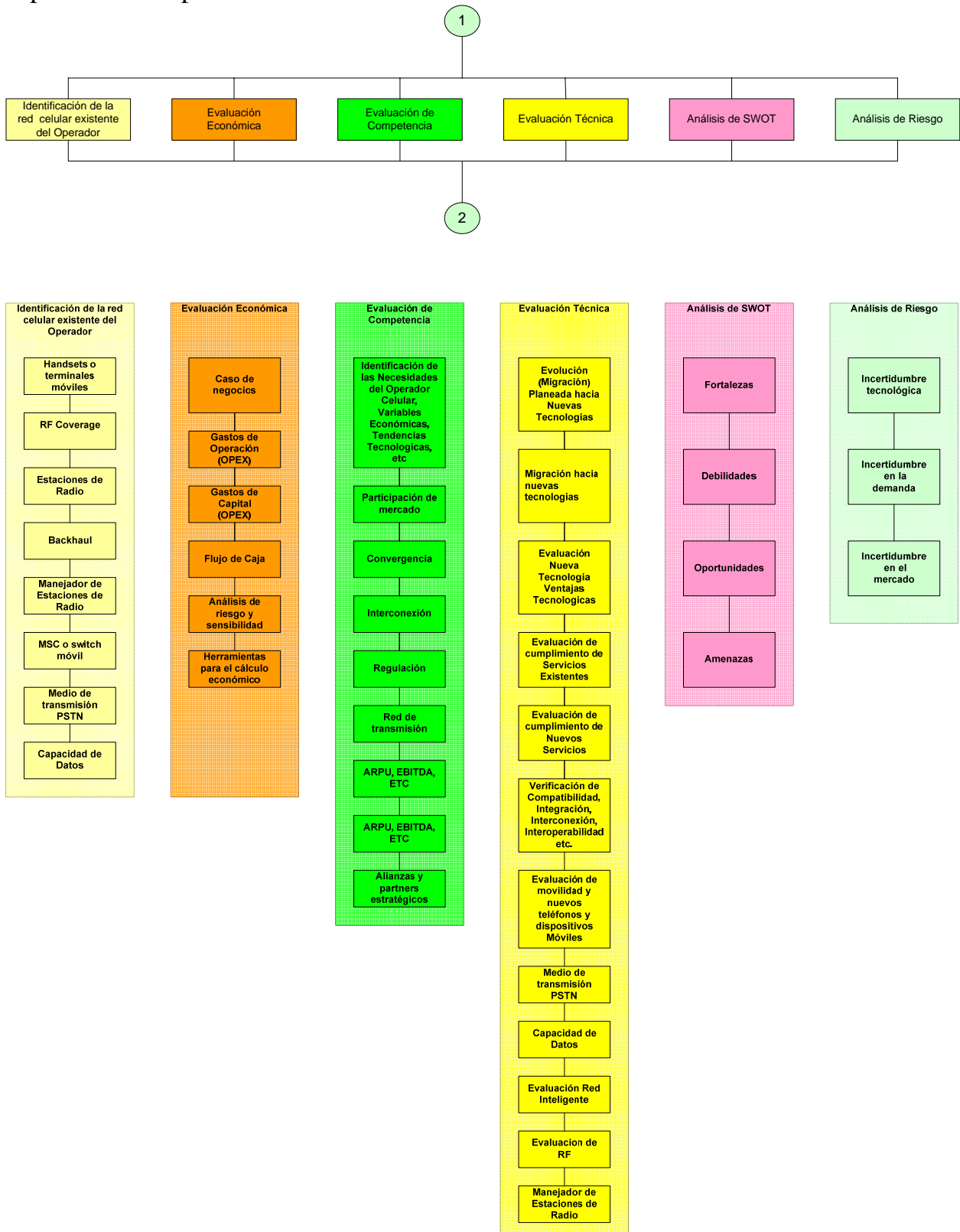


Figura 13- Diagramas de sub-bloques del Modelo general de referencia

En conclusión, este trabajo es una especie de resumen de las experiencias del autor, (muchas exitosas y algunas no tanto) en las áreas de proyectos y ventas de equipo para telefonía celular. El instrumento para evaluación de proyectos ha permitido competir ventajosamente con otros proveedores para obtener el contrato y en ocasiones ha sugerido retirarse a tiempo, por no alcanzar un puntaje suficiente en la auto evaluación.

Capítulo 2
Análisis Mercadológico de las Redes Celulares

2. Introducción	13
2.1. Fuentes de Información	13
2.2. Indicadores económicos	14
2.3. Datos demográficos	14
2.4. Penetración Móvil (Mobile Penetration)	15
2.5. Suscripciones móviles (Mobile Subscriptions)	15
2.6. Suscripciones Móviles por Operador de Red. (Mobile Subscriptions by Network operator)	15
2.7. Suscripciones Móviles por tipo de paquete. (Mobile Subs. by Type of Package)	16
2.8. Desconexión de Abonados Móviles (Churn)	16
2.9. Suscripción Móvil por Tecnología (Mobile Subscriber by Technology)	16
2.10. Uso (Usage)	18
2.11. Ingreso promedio por suscripción ARPS (Average Revenue Per Subscription)	18
2.12. Ingresos móviles por tipo de aplicación (Mobile revenues by type of application)	18
2.13. Conclusiones:	38

2. Introducción

Este capítulo ha sido desarrollado para entender los datos y los análisis de mercado presentados, los cuales muestran el estado del mercado celular. Adicionalmente, se consignan algunos reportes del mercado celular de Latinoamérica para evaluar la industria, las tecnologías, los productos y las relaciones entre los sectores del mercado de las telecomunicaciones móviles.

Este análisis se soporta a través de la investigación continua, la información de analistas de mercado y la información de fabricantes, operadores, agencias reguladoras de comunicaciones e inversionistas. Por medio del este, se proporciona una estructura representativa del mercado de las comunicaciones móviles y por tanto será útil en la planeación de las actividades de los participantes de la industria.

La segmentación del mercado y las definiciones no son estáticas; ellas muestran cómo las nuevas tecnologías son introducidas y la retroalimentación de los participantes. A través de estos reportes se permanece actualizado a los constantes cambios en la industria, lo cual ayuda a los operadores en la ampliación de su perspectiva de mercado.

La organización de la información provee una estructura que agrupa los datos de tal manera que se tiene una vista concisa de las oportunidades existentes acerca de ingresos móviles en el mercado o en el país, el tamaño del mercado, los drivers, las tecnologías habilitadoras, el resumen sistemático de ingresos indicando anualmente la oportunidad en dólares y las tendencias de crecimiento.

Todas las bases de datos incluyen datos históricos y pronósticos por un periodo de 10 años. Los datos clave son coleccionados y actualizados anualmente. Todos los datos del 2001 son reales y los datos del 2002 en adelante son estimados.

2.1. Fuentes de Información

Para desarrollar este capítulo, fue necesario realizar consultas en varios lugares:

Entrevistas con los directores de las agencias reguladoras

Datos estadísticos publicados por las agencias reguladoras y los gobiernos.

Leyes y reglamentos de telecomunicaciones

Tarifas, regulaciones de interconexión, y requerimientos de servicios universales

Entrevistas con los líderes en planeación estratégica, en marketing, planeación de red y planeación financiera.

Estudios realizados con los operadores para determinar estadísticas clave de las redes, inversión, planes de desarrollo de tecnología, abonados por servicio, planes de tarificación y servicios disponibles.

Estadísticas internas y boletines técnicos publicados por los operadores.

Fabricantes

Entrevistas con los altos dirigentes de los suministradores de equipo

2.2. Indicadores económicos

Estos datos son fáciles de obtener; basta consultar:

Reportes del país en los aspectos económicos y políticos

Revistas de negocios regionales y tendencias de mercado

Los datos presentados en este análisis constan de nueve segmentos

Datos demográficos

Penetración móvil

Subscripciones móviles por operador de red.

Subscripciones móviles por el tipo de paquete

Promedio mensual de usuarios que cancelan su servicio.

Subscripciones móviles por tipo de tecnología

Uso

Ingreso promedio por suscripción

Ingresos móviles por tipo de aplicación

2.3. Datos demográficos

Los datos demográficos y económicos son suministrados para ayudar a establecer un marco de referencia para cada país o región. La información de número de habitantes, PIB nominal, crecimiento real de PIB, precio de la inflación al consumidor y tipo de cambio son indicadores importantes de este mercado tan sofisticado para establecer la demanda actual, la planeada y la oportunidad. Entre otros, hay que considerar:

El promedio de edad de la población del país. Este número es utilizado para calcular los promedios de penetración.

Producto Interno Bruto a precios actuales del mercado en dólares (GDP).

PIB (GDP) ajustado (PPP) per capita.

PIB Nominal, es el PIB dividido entre la población
Crecimiento Real per Capita (Real Grow per Capita) Porcentaje de cambio del PIB nominal del país después del ajuste de la inflación.

PIB per capita ajustado por medio del “índice de paridad del poder de compra del país” INPC, en dólares.

Precio de la inflación al consumidor (Consumer Price Inflation).

Porcentaje de cambio en el índice de precios al consumidor (promedio de 12 meses) en al año anterior

Tipo de cambio de la moneda local con respecto al dólar utilizando el tipo de cambio promedio del año en que los datos fueron reportados.

2.4. Penetración Móvil (Mobile Penetration)

Penetración es la medida de aceptación de los servicios de telecomunicaciones en un país; se calcula dividiendo la base total de usuarios entre la población del país. Es utilizada como una medida de comparación del desarrollo de las redes de los países o para comparar los diferentes grados de aceptación de servicios similares.

2.5. Suscripciones móviles (Mobile Subscriptions)

Número de cuentas móviles activas al final del año calendario como porcentaje de la población; en este rubro se incluyen:

Prepago (Prepaid).- Número de cuentas móviles de prepago activas al final del año calendario, como un porcentaje de la población.

Postpago (Postpaid).- Número de cuentas móviles de contrato activas como un porcentaje de la población

Sistemas troncales digitales (Digital trunking).-Números activos de usuarios iDEN/ESMR al final del año calendario como un porcentaje de la población.

Usuarios o Abonados (Users).- Número de individuos suscritos al servicio de telefonía móvil al final del año calendario como un porcentaje de la población.

2.6. Suscripciones Móviles por Operador de Red. (Mobile Subscriptions by Network operator)

El número de suscripciones activas que tiene cada uno de los operadores de la red pública. Esta sección no incluye Mobile Virtual Network Operators (MVNO's) o revendedores, porque que estas suscripciones ya están incluidas en los números de los operadores de la red. Cuando se espera que en el futuro, operadores adicionales empiecen a ofrecer servicios, su participación de mercado es estimada desde el año donde se planea el lanzamiento. A menos que la identidad y el número de estos operadores nuevos sea conocida al tiempo de producir el pronóstico estos serán considerados como forma agregada bajo el nombre de otros.

2.7. Suscripciones Móviles por tipo de paquete. (Mobile Subs. by Type of Package)

En los años recientes el prepago es el modo de suscripción dominante en la mayoría de los países. Esta sección separa el número de cuentas móviles en dos tipos: Prepago el cual incluye las suscripciones que no son sujetas a un pago mensual o a un contrato. Y postpago la cual incluye las suscripciones sujetas a un acuerdo contractual entre el abonado y el suministrador de los servicios.

2.8. Desconexión de Abonados Móviles (Churn)

El promedio de Churn anual representa el número de cuentas móviles desconectadas durante un año calendario como un porcentaje del total de las cuentas móviles que se tenían al inicio del mismo año calendario. En el caso de cuentas de prepago los operadores usan criterio diferente para considerar una cuenta inactiva. En estas tablas se considera el criterio utilizado en cada país para calcular el Churn.

En el caso de cuentas de post-pago, una cuenta es considerada inactiva una vez que el contrato ha sido terminado por el operador de red. Aquí se considera que el churn es el porcentaje de los abonados que abandonan el servicio móvil y los abonados que cambian de proveedor de servicios.

2.9. Suscripción Móvil por Tecnología (Mobile Subscriber by Technology)

Esta sección divide el número total de suscripciones de acuerdo a la tecnología de la red que los soporta. La tecnología analógica es mostrada en forma agregada, y las otras tecnologías son presentadas (GSM, TDMA, CDMA, GPRS, EDGE, IS-95B, CDMA 2000 y UMTS), de manera separada mostrando la máxima velocidad de transmisión por suscripción. Se anotan a continuación las diversas tecnologías.

Analógica

Incluye suscripciones a las redes analógicas, las cuales usan estándares tales como AMPS, Nordic Mobile Telephone (NMT) y Total Access Communication System (TACS) los cuales son combinados en una sola categoría.

Digital Trunking

Incluye suscripciones a redes IDEN/ESMR

GSM

Incluye suscripciones a las redes celulares que utilizan el sistema global para comunicaciones móviles (GSM) en las bandas de frecuencia de 900, 1800, 1900 MHz., que generalmente suministran velocidades de hasta 9.6 kbps.

CDMA

Incluye suscripciones a redes celulares que utilizan acceso múltiple por división de código CDMA, que está basada en el estándar IS-95

TDMA

Incluye suscripciones a redes celulares que utilizan acceso múltiple por división de tiempo TDMA, basada en el estándar IS-136

GPRS

Incluye suscripciones a redes celulares que utilizan General Packet Radio Services. Se supone que en todas las suscripciones compatibles con GSM la velocidad de datos máxima utilizando GPRS es de 30 kbps

IS-95

Incluye suscripciones a redes celulares utilizando IS-95 estándar CDMA. Se supone que en todas las suscripciones compatibles con CDMA la velocidad de datos máxima es de 60 kbps

EDGE

Incluye suscripciones a redes celulares utilizando Enhanced Data Rates for GSM Evolution Standard. Se supone que en todas las suscripciones compatibles con GSM, GPRS, EDGE la velocidad máxima es de 380 kbps

UMTS

Incluye suscripciones a redes celulares utilizando Universal Mobile Telecommunications System Standard UMTS. Se supone que en todas las suscripciones compatibles con GPRS, GSM, EDGE y UMTS la velocidad máxima de datos es de 2 Mbps

CDMA 1X

Incluye suscripciones a redes celulares utilizando el estándar CDMA 1X RTT. Se supone que en todas las suscripciones compatibles con CDMA. La velocidad máxima de datos es de 144 kbps

CDMA 2000

Incluye suscripciones a redes celulares utilizando el estándar Code Division Multiple Access, CDMA 2000, para soportar comunicaciones móviles de datos desde 144 Kbps hasta 2.0 Mbps

2.10. Uso (Usage)

La voz sigue siendo el flujo dominante en los ingresos, la telefonía de voz es todavía la aplicación más importante para los operadores de redes móviles. Aquí se suministra el promedio mensual de uso de voz en minutos por suscripción, el cual incluye minutos de salida (outbound calls) y minutos de entrada o entrantes (inbound calls).

2.11. Ingreso promedio por suscripción ARPS (Average Revenue Per Subscription)

ARPS representa una medida de la cantidad de ingreso que cada suscripción genera en promedio por mes y es una métrica útil para que los operadores determinen el impacto de sus iniciativas de mercado (tarifas, planes de suscripción, prepago, etc.) en los ingresos básicos. Se presenta el ingreso mensual promedio por suscripción móvil en forma agregada y también dividida en dos sub-categorías, prepago y postpago. También se muestra ARPS dividido en voz y datos y como ARPS total.

2.12. Ingresos móviles por tipo de aplicación (Mobile revenues by type of application)

Se incluye una vista del valor del servicio de comunicación de voz y los servicios agregados estimando los ingresos totales generados anualmente por todos los operadores de la red. Este valor total es presentado en dólares y suministra una excelente herramienta para participantes e inversionistas potenciales que deseen saber el tamaño del mercado y el crecimiento esperado de las telecomunicaciones móviles. En este apartado se incluyen:

Derechos de activación (Activation Fees)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por el cobro de la tarifa de interconexión de cada nueva suscripción.

Llamadas salientes (Outgoing Voice Calls)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por las llamadas salientes.

Llamadas entrantes (Incoming voice Calls)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por las llamadas entrantes, incluye solamente ingresos de interconexión.

Servicios básicos, Servicios de Valor Agregado, Servicios de Mensajes Cortos VAS/SMS (Value Added Services, Short Messages Services)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por servicios básicos de envío de mensajes cortos (Short Message Services) y servicios de valor agregado (VAS)

Roaming dentro del país (In country roamers)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por los abonados móviles de otros países utilizando el roaming dentro de la red de los operadores locales.

Servicios de Mensajes Cortos SMS (Short Message Services)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por los servicios SMS (envío de mensajes de texto a través del celular)

Acceso al Internet móvil. (Mobile internet Access)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por las suscripciones móviles a Internet; incluye las cuotas de acceso a Internet y las tarifas de uso.

Comercio y publicidad (M-Commerce and advertising)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por el comercio móvil electrónico (M-commerce), ampliamente definido como una transacción en la cual el operador recibe una comisión del valor monetario de la transacción, también los derechos de publicidad cargados a los proveedores de publicidad y contenido.

Aplicaciones corporativas de datos inalámbricos (Corporate Wireless Data applications)

Representa el valor agregado de los ingresos generados por aplicaciones de datos dirigidas al mercado corporativo, incluyendo Mobile Virtual Private Network, Web hosting, Telemetry, etc.

Total

La suma de lo anterior

A continuación, todos los ingresos consignados en los apartados anteriores se resumen en forma de tablas para Latinoamérica y para cada uno de los países de este conjunto.

Resumen de Latinoamérica

TOTALS	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
Resumen Latinoamerica										
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	482,063	489,728	496,947	504,436	511,914	519,381	526,807	534,254	541,006	547,847
Nominal GDP (US\$ m)	1,987,685	1,928,347	1,712,118	1,753,927	1,890,367	1,955,318	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	13.0%	14.6%	16.3%	16.6%	16.8%	17.1%	17.3%	17.6%	17.8%	18.1%
Mobile Subscriptions	12.9%	16.5%	19.3%	23.5%	30.3%	34.0%	36.1%	37.2%	37.8%	38.2%
Prepaid	8.8%	12.5%	15.2%	19.0%	25.2%	28.5%	30.4%	31.5%	32.1%	32.6%
Postpaid	4.0%	4.0%	4.1%	4.5%	5.2%	5.5%	5.6%	5.7%	5.7%	5.7%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Total	62,003	80,598	95,996	118,617	155,307	176,807	189,917	198,563	204,658	209,430
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	42,604	61,188	75,746	95,746	128,759	148,223	160,240	168,256	173,916	178,435
Postpaid	19,399	19,410	20,250	22,871	26,548	28,585	29,677	30,307	30,743	30,994
					83%					
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	23%	30%	30%	31%	33%	33%	32%	31%	30%	29%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	20,254	15,348	8,067	2,877	1,217	596	290	78	0	0
Digital Trunking	1,012	1,388	1,446	1,660	1,966	2,165	2,323	2,483	2,612	2,722
GSM	1,595	3,198	6,853	19,832	46,838	67,438	82,285	94,838	104,015	109,278
TDMA	28,207	42,897	56,127	64,869	64,411	57,293	49,351	37,436	28,005	20,590
CDMA One	11,946	19,151	24,867	30,403	40,431	45,940	49,074	52,331	54,382	55,790
GSM/GPRS	0	4	45	376	1,662	3,452	5,574	8,339	10,246	12,250
GSM/EDGE	0	0	0	0	85	862	1,447	2,616	3,572	5,538
CDMA 1x	0	1	37	259	663	1,209	1,815	2,518	3,170	3,832
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	1	16	80	260	577	962
UMTS	0	0	0	0	0	0	1	149	691	1,190
Total	63,015	81,986	97,442	120,277	157,274	178,972	192,239	201,047	207,270	212,152
CDMA	11,946	19,152	24,904	30,662	41,095	47,165	50,970	55,109	58,129	60,584
GSM	1,595	3,201	6,898	20,208	48,585	71,752	89,305	105,793	117,833	127,066
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	123	106	96	93	91	90	89	89	89	89
Prepaid	70	63	59	58	58	59	59	59	59	59
Postpaid	222	221	225	236	242	246	250	253	255	256
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	29.04	21.50	16.45	14.85	13.90	12.85	12.34	11.99	11.74	11.52
Prepaid	19.57	12.90	9.95	9.22	8.85	8.29	8.01	7.82	7.69	7.57
Postpaid	57.72	44.51	38.91	37.25	36.87	35.74	35.27	34.84	34.46	34.08
Data/Internet ARPS	0.08	0.14	0.23	0.50	0.72	0.94	1.14	1.31	1.48	1.64
Prepaid	0.04	0.08	0.14	0.33	0.48	0.63	0.76	0.87	0.98	1.09
Postpaid	0.13	0.29	0.55	1.18	1.81	2.51	3.16	3.73	4.27	4.82
Total ARPS	29.11	21.64	16.68	15.35	14.62	13.79	13.48	13.31	13.22	13.17
Prepaid	19.61	12.98	10.09	9.55	9.33	8.92	8.76	8.70	8.66	8.66
Postpaid	57.85	44.80	39.46	38.42	38.68	38.25	38.43	38.56	38.73	38.90
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Argentina

ARGENTINA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	36,955	37,380	37,810	38,240	38,660	39,080	39,490	39,890	40,290	40,694
Nominal GDP (US\$ m)	284,346	268,831	102,042	129,596	147,319	158,989	164,604	174,692	186,603	187,384
Real Growth per Capita (%)	(1.94)	(5.50)	(11.90)	7.50	4.90	3.00	2.60	2.20	2.60	3.07
Nominal GDP per Capita (US\$)	7,694	7,190	2,700	3,390	3,810	4,070	4,170	4,380	4,630	4,894
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	12,403	12,000	10,730	11,730	12,520	13,150	13,800	14,420	15,110	15,833
Consumer Price Inflation (%)	(0.94)	(1.07)	25.87	13.44	5.00	5.90	3.60	3.30	3.00	2.73
Local Currency / US\$	1.00	1.00	3.06	2.90	2.86	2.89	2.99	3.01	3.01	3.01
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	22.8%	23.3%	21.9%	21.6%	22.2%	22.6%	22.9%	23.0%	23.1%	23.2%
Mobile Subscriptions	17.5%	17.8%	16.8%	19.3%	29.7%	34.9%	37.3%	38.6%	39.1%	39.2%
Prepaid	9.6%	10.9%	12.1%	13.9%	22.4%	26.6%	28.8%	30.1%	30.8%	31.0%
Postpaid	7.8%	6.8%	4.7%	5.4%	7.4%	8.2%	8.4%	8.5%	8.2%	8.2%
Digital Trunking	0.6%	0.9%	0.8%	0.9%	1.1%	1.2%	1.2%	1.3%	1.3%	1.4%
Mobile Users	17.5%	17.8%	16.8%	19.3%	29.1%	33.2%	33.9%	33.5%	31.3%	30.2%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telecom Personal	2,058	2,136	2,191	2,603	3,845	4,571	4,996	5,222	5,317	5,361
Unifon	1,757	1,794	1,617	1,824	2,689	3,105	3,328	3,442	3,477	3,474
Movicom	1,607	1,589	1,320	1,538	2,291	2,612	2,760	2,813	2,813	2,793
CTI Movil	1,039	1,118	1,218	1,411	2,663	3,334	3,641	3,910	4,164	4,324
Total	6,460	6,637	6,346	7,376	11,488	13,622	14,724	15,386	15,771	15,952
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	3,560	4,091	4,564	5,321	8,646	10,414	11,388	12,014	12,402	12,599
Postpaid	2,901	2,546	1,781	2,055	2,842	3,208	3,336	3,372	3,369	3,354
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	32%	33%	37%	31%	30%	32%	30%	27%	24%	22%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	2,659	1,780	825	531	428	302	192	67	0	0
Digital Trunking	214	324	302	352	423	459	491	516	535	549
GSM	0	10	16	43	2,457	4,735	6,607	8,199	10,012	11,066
TDMA	3,067	3,438	3,601	4,212	4,561	4,201	3,496	2,599	1,319	442
CDMA One	734	1,409	1,903	2,585	3,869	3,956	3,680	3,433	3,025	2,724
GSM/GPRS	0	0	0	0	139	325	541	782	988	1,186
GSM/EDGE	0	0	0	0	12	73	170	258	367	438
CDMA 1X	0	0	0	4	22	30	39	48	58	70
CDMA2000 (EV/3X)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
Total	6,674	6,961	6,648	7,728	11,911	14,081	15,215	15,902	16,305	16,502
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	125	106	88	99	113	118	121	122	122	123
Prepaid	77	61	52	61	75	84	87	88	90	90
Postpaid	173	168	161	198	219	227	234	238	241	244
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	46.23	31.02	10.73	13.22	13.60	13.48	13.34	13.15	12.94	12.78
Prepaid	20.49	15.87	4.68	7.37	8.01	8.32	8.44	8.54	8.62	8.70
Postpaid	72.45	52.30	22.84	28.31	29.54	29.72	29.65	29.27	28.59	27.96
Data/Internet ARPS	0.11	0.14	0.08	0.15	0.26	0.45	0.63	0.80	0.96	1.12
Prepaid	0.05	0.08	0.03	0.09	0.16	0.28	0.39	0.51	0.62	0.74
Postpaid	0.16	0.24	0.16	0.31	0.54	1.00	1.42	1.81	2.18	2.54
Total ARPS	46.34	31.16	10.81	13.38	13.86	13.93	13.96	13.95	13.90	13.90
Prepaid	20.54	15.94	4.71	7.46	8.17	8.60	8.83	9.04	9.25	9.44
Postpaid	72.61	52.54	23.00	28.62	30.08	30.72	31.07	31.08	30.77	30.50

Reporte de Bolivia

BOLIVIA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	8,428	8,624	8,824	9,030	9,230	9,440	9,629	9,821	10,018	10,218
Nominal GDP (US\$ m)	8,391	8,023	7,801	7,867	8,140	8,407	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	(0.09)	(0.81)	0.43	0.20	1.10	0.90	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	996	930	884	872	882	891	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	3,287	3,338	3,404	3,470	3,560	3,660	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	4.60	1.60	0.92	3.34	4.20	4.80	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	6.18	6.61	7.17	7.66	7.98	8.35	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	6.6%	6.6%	6.8%	7.0%	7.2%	7.4%	7.6%	7.7%	7.8%	7.9%
Mobile Subscriptions	6.7%	9.1%	11.2%	14.5%	17.5%	19.5%	21.1%	22.6%	23.8%	24.8%
Prepaid	5.1%	7.5%	9.6%	12.3%	14.8%	16.6%	18.0%	19.3%	20.3%	21.2%
Postpaid	1.6%	1.6%	1.6%	2.3%	2.7%	2.9%	3.1%	3.3%	3.5%	3.6%
Mobile Users	6.7%	9.1%	11.2%	14.5%	17.5%	19.5%	21.1%	22.6%	23.8%	24.8%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Entel Movil	257	378	462	783	1,023	1,162	1,276	1,384	1,480	1,567
Telecel	300	335	378	334	350	395	433	472	507	541
NuevaTel	7	72	150	195	242	288	327	363	395	426
Total	564	785	990	1,312	1,615	1,845	2,036	2,218	2,382	2,533
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	427	646	845	1,109	1,369	1,569	1,735	1,894	2,035	2,168
Postpaid	137	139	145	204	246	275	301	324	346	365
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	25%	35%	38%	40%	36%	32%	29%	27%	26%	25%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	246	184	95	50	14	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	7	129	219	379	497	610	782	957	1,129	1,255
TDMA	311	471	676	883	1,103	1,228	1,245	1,249	1,236	1,255
CDMA One	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM/GPRS	0	0	0	0	1	7	9	12	16	22
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CDMA 1x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	564	785	990	1,312	1,615	1,845	2,036	2,218	2,382	2,533
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	90	75	66	66	65	63	62	62	61	60
Prepaid	41	38	35	33	32	31	30	29	28	27
Postpaid	241	243	245	246	248	250	252	253	255	257
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	22.54	19.16	16.48	14.01	13.16	12.51	11.88	11.29	10.84	10.51
Prepaid	13.24	11.78	11.06	9.57	8.96	8.41	7.99	7.57	7.27	7.05
Postpaid	49.52	47.79	44.86	38.83	36.34	35.60	34.21	32.82	31.72	30.97
Data/Internet ARPS	0.00	0.14	0.19	0.23	0.24	0.35	0.43	0.53	0.68	0.85
Prepaid	0.00	0.08	0.13	0.16	0.17	0.23	0.29	0.36	0.45	0.57
Postpaid	0.00	0.34	0.52	0.63	0.67	0.99	1.25	1.55	1.98	2.51
Total ARPS	22.54	19.30	16.67	14.23	13.41	12.86	12.31	11.82	11.51	11.36
Prepaid	13.24	11.86	11.18	9.72	9.12	8.64	8.28	7.93	7.72	7.62
Postpaid	49.52	48.14	45.39	39.46	37.02	36.59	35.46	34.37	33.70	33.48
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Brasil

BRAZIL	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	170,079	172,386	174,633	176,876	179,114	181,341	183,554	185,738	187,222	188,718
Nominal GDP (US\$ m)	601,711	510,005	460,787	492,133	534,020	547,829	582,321	611,095	641,115	672,608
Real Growth per Capita (%)	3.00	0.00	0.60	(1.50)	2.20	1.70	2.10	2.40	2.40	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	3,538	2,959	2,639	2,782	2,981	3,021	3,172	3,290	3,424	3,564
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	7,640	7,820	7,980	8,000	8,270	8,560	8,950	9,370	9,800	10,250
Consumer Price Inflation (%)	7.04	6.84	8.45	14.72	6.10	5.40	4.30	3.30	3.00	2.73
Local Currency / US\$	1.83	2.35	2.92	3.08	2.99	3.17	3.23	3.29	3.36	3.42
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	16.2%	19.8%	20.4%	20.3%	20.2%	20.1%	19.9%	19.8%	19.7%	19.7%
Mobile Subscriptions	13.6%	16.5%	19.8%	26.0%	35.4%	40.2%	42.4%	43.4%	44.1%	44.7%
Prepaid	8.2%	11.4%	14.5%	20.0%	28.6%	33.0%	35.1%	36.1%	36.8%	37.3%
Postpaid	5.4%	5.1%	5.4%	6.0%	6.8%	7.2%	7.3%	7.3%	7.4%	7.4%
Digital Trunking	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Mobile Users	13.6%	16.5%	19.8%	25.9%	35.1%	39.7%	41.7%	42.4%	42.8%	43.1%
MOBILE PENETRATION BY REGION (% Population)										
Region 1	22.3%	25.4%	28.5%	36.3%	51.5%	59.0%	63.4%	65.3%	66.5%	67.3%
Region 2	14.7%	16.5%	19.0%	25.5%	34.0%	39.3%	42.7%	43.9%	44.6%	45.2%
Region 3	23.6%	28.1%	33.7%	41.3%	54.0%	59.9%	62.8%	63.7%	64.3%	64.8%
Region 4	10.7%	14.2%	17.8%	24.3%	32.8%	37.8%	39.6%	40.9%	41.3%	41.6%
Region 5	12.9%	16.4%	19.4%	24.9%	34.6%	39.7%	42.0%	43.0%	43.6%	44.2%
Region 6	19.4%	24.8%	30.1%	39.6%	53.0%	59.0%	60.9%	61.5%	62.0%	62.4%
Region 7	12.6%	17.5%	22.4%	31.2%	40.2%	45.4%	47.5%	48.4%	49.1%	49.7%
Region 8	6.5%	8.4%	10.6%	15.3%	21.8%	24.5%	25.9%	26.9%	28.0%	29.2%
Region 9	7.4%	8.6%	10.4%	13.2%	18.4%	21.5%	22.5%	23.3%	23.8%	24.4%
Region 10	8.3%	9.8%	12.2%	16.2%	23.1%	26.1%	27.1%	27.5%	28.1%	28.4%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Region 1	4,291	4,953	5,622	7,266	10,418	12,091	13,150	13,701	14,076	14,356
Vivo	2,679	3,229	3,849	4,565	6,369	7,167	7,618	7,824	7,956	8,048
Claro	1,612	1,724	1,656	1,808	2,606	3,046	3,367	3,533	3,653	3,750
TIM	0	0	117	893	1,443	1,877	2,165	2,344	2,467	2,557
Region 2	2,619	2,975	3,468	4,730	6,387	7,462	8,204	8,546	8,737	8,931
Vivo	1,623	1,875	2,211	2,930	3,809	4,233	4,481	4,586	4,639	4,648
CTBC Celular	57	68	69	80	98	113	127	136	144	152
Claro	939	1,032	1,175	1,406	1,837	2,227	2,492	2,604	2,671	2,758
TIM	0	0	13	314	643	888	1,105	1,220	1,283	1,374
Region 3	4,134	4,992	6,057	7,512	9,953	11,190	11,861	12,182	12,400	12,591
Vivo	2,503	3,075	3,455	3,709	4,328	4,692	4,862	4,934	4,983	5,022
Claro	1,631	1,917	2,106	2,210	2,863	3,204	3,363	3,433	3,480	3,533
Oi	0	0	417	1,093	1,737	2,039	2,201	2,288	2,347	2,395
TIM	0	0	79	501	1,026	1,256	1,434	1,527	1,591	1,640
Region 4	1,913	2,570	3,280	4,533	6,188	7,230	7,661	7,998	8,139	8,266
Telemig Celular	1,241	1,670	1,923	2,322	2,901	3,294	3,475	3,602	3,657	3,701
CTBC Celular	149	179	213	222	250	273	287	298	304	312
TIM	524	721	872	1,281	1,815	2,107	2,208	2,307	2,338	2,372
Oi	0	0	272	708	1,222	1,555	1,691	1,791	1,840	1,881
Region 5	1,928	2,490	2,976	3,879	5,456	6,329	6,786	7,021	7,180	7,342
TIM Sul	1,416	1,558	1,724	2,056	2,596	2,804	2,893	2,938	2,965	3,000
Sercotel	48	70	75	75	95	108	116	121	124	127
Vivo	463	862	1,177	1,691	2,383	2,678	2,791	2,814	2,832	2,866
Brasil Telecom GSM	0	0	0	0	80	248	369	451	508	554
Claro	0	0	0	57	303	492	618	697	751	795
Region 6	1,978	2,567	3,152	4,208	5,700	6,420	6,706	6,856	6,965	7,072
Vivo	1,452	1,784	2,078	2,523	3,138	3,266	3,286	3,304	3,314	3,334
Claro	526	783	1,043	1,407	1,918	2,169	2,261	2,299	2,328	2,351
TIM	0	0	31	278	535	661	744	792	829	859
Brasil Telecom GSM	0	0	0	0	110	325	414	461	495	528
Region 7	1,862	2,624	3,402	4,801	6,262	7,156	7,581	7,814	7,988	8,154

Reporte de Chile

CHILE	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	14,715	14,884	15,050	15,211	15,370	15,520	15,670	15,820	15,960	16,101
Nominal GDP (US\$ m)	75,197	68,418	67,367	72,052	88,193	94,249	97,574	102,134	106,933	N/A
Real Growth per Capita (%)	3.30	2.20	1.10	2.20	3.90	3.50	3.50	3.40	3.30	N/A
Nominal GDP per Capita (US\$)	5,110	4,597	4,476	4,737	5,740	6,070	6,230	6,460	6,700	N/A
PPP Adjusted GDP per Capita	9,730	10,190	10,450	10,860	11,480	12,120	12,820	13,570	14,300	N/A
Consumer Price Inflation (%)	3.84	3.57	2.49	2.81	0.90	2.80	2.80	2.90	2.60	N/A
Local Currency / US\$	539.59	634.94	688.94	691.43	625.17	629.39	644.87	656.26	664.18	N/A
PENETRATION (% Population)										
Main Lines	22.7%	23.4%	23.5%	21.3%	21.0%	20.8%	20.7%	20.5%	20.4%	20.2%
Mobile Subscriptions	23.3%	33.4%	40.7%	48.8%	61.0%	63.4%	64.1%	64.2%	64.3%	64.4%
Prepaid	15.6%	25.0%	31.4%	38.8%	50.1%	52.6%	53.6%	54.1%	54.4%	54.5%
Postpaid	7.7%	8.4%	9.2%	10.0%	10.9%	10.8%	10.4%	10.1%	9.9%	9.8%
Digital Trunking	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%
Mobile Users	23.3%	33.0%	40.6%	48.4%	59.2%	61.5%	61.9%	61.8%	61.6%	61.3%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telefónica Movil	1,225	1,570	1,849	2,270	3,159	3,360	3,459	3,543	3,623	3,704
Entel PCS	1,247	1,939	2,293	2,683	3,281	3,509	3,591	3,637	3,677	3,711
BellSouth	691	859	1,032	1,301	1,530	1,539	1,536	1,528	1,521	1,512
Smartcom PCS	272	608	946	1,172	1,403	1,435	1,452	1,452	1,443	1,439
Total	3,434	4,976	6,120	7,425	9,373	9,843	10,038	10,159	10,264	10,366
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	2,299	3,722	4,729	5,899	7,696	8,167	8,404	8,560	8,678	8,783
Postpaid	1,135	1,254	1,391	1,526	1,678	1,677	1,634	1,599	1,587	1,583
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	29%	23%	22%	21%	23%	23%	22%	21%	20%	20%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	337	251	166	94	63	17	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	2	15	30	42	53	63
GSM	1,247	1,935	2,273	3,055	4,583	5,419	5,909	6,057	5,850	5,652
TDMA	1,579	2,178	2,715	2,995	2,918	2,201	1,221	582	344	262
CDMA One	272	608	944	1,215	1,612	1,709	2,088	2,370	2,567	2,692
GSM/GPRS	0	4	19	55	148	378	618	871	1,163	1,318
GSM/EDGE	0	0	0	0	16	63	116	158	199	251
CDMA 1x	0	0	3	11	33	52	74	95	113	124
CDMA2000 ((EV/3x)	0	0	0	0	1	4	12	25	29	36
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Total	3,434	4,976	6,120	7,425	9,375	9,858	10,068	10,201	10,317	10,429
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (i)	147	127	113	94	86	82	79	77	76	75
Prepaid	84	80	68	53	50	49	48	47	46	46
Postpaid	275	270	265	253	251	245	240	238	236	235
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	20.06	17.85	16.29	14.65	12.97	11.84	11.17	10.75	10.46	10.21
Prepaid	12.04	11.49	10.91	10.40	9.36	8.52	8.05	7.81	7.57	7.41
Postpaid	34.33	33.89	32.19	31.07	29.51	28.04	27.20	26.52	26.25	25.99
Data/Internet ARPS	0.00	0.06	0.09	0.18	0.31	0.53	0.83	1.09	1.28	1.47
Prepaid	0.00	0.04	0.06	0.13	0.22	0.38	0.60	0.79	0.92	1.06
Postpaid	0.00	0.10	0.18	0.38	0.71	1.25	2.02	2.68	3.20	3.73
Total ARPS	20.06	17.90	16.38	14.83	13.28	12.37	11.99	11.84	11.74	11.68
Prepaid	12.05	11.52	10.97	10.53	9.58	8.90	8.65	8.60	8.50	8.48
Postpaid	34.33	33.99	32.37	31.44	30.22	29.28	29.21	29.20	29.45	29.72

Reporte de Colombia

COLOMBIA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	42,321	43,071	43,834	44,580	45,330	46,040	46,770	47,520	48,260	49,012
Nominal GDP (US\$ m)	83,766	81,715	80,580	77,563	91,215	93,188	96,415	99,660	103,788	108,087
Real Growth per Capita (%)	1.14	(0.38)	(0.15)	2.00	2.80	1.70	1.80	1.80	2.00	2.00
Nominal GDP per Capita (US\$)	1,979	1,897	1,838	1,740	2,010	2,020	2,060	2,100	2,150	2,205
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	6,244	6,368	6,456	6,690	7,000	7,260	7,560	7,870	8,190	8,523
Consumer Price Inflation (%)	9.22	7.97	6.35	7.13	5.90	5.10	4.70	4.30	4.10	4.10
Local Currency / US\$	2,087.92	2,299.89	2,504.68	2,877.54	2,751.46	2,905.76	3,038.94	3,159.14	3,275.12	3,395.36
PENETRATION (% Population)										
Main Lines	17.0%	17.2%	17.1%	16.9%	16.9%	17.0%	17.0%	17.1%	17.1%	17.2%
Mobile Subscriptions	5.3%	6.8%	10.5%	13.9%	19.1%	23.2%	26.2%	28.1%	29.2%	29.7%
Prepaid	3.2%	4.3%	6.9%	9.5%	13.9%	17.7%	20.4%	22.3%	23.3%	23.8%
Postpaid	2.1%	2.5%	3.5%	4.4%	5.2%	5.5%	5.8%	5.9%	6.0%	5.9%
Digital Trunking	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%
Mobile Users	5.3%	6.8%	10.5%	13.9%	19.1%	23.2%	26.2%	28.1%	29.2%	29.7%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
BellSouth	1,031	1,159	1,526	2,082	2,818	3,483	4,113	4,600	4,930	5,170
Comcel	1,030	1,568	2,822	3,674	4,714	5,287	5,610	5,831	5,945	5,983
Celcaribe	196	190	249	0	0	0	0	0	0	0
Ola	0	0	0	430	1,132	1,920	2,519	2,943	3,230	3,398
Total	2,257	2,916	4,597	6,186	8,664	10,690	12,242	13,374	14,106	14,551
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	1,358	1,837	3,046	4,224	6,320	8,152	9,548	10,575	11,222	11,643
Postpaid	899	1,080	1,550	1,962	2,344	2,538	2,693	2,799	2,884	2,907
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	39%	37%	40%	38%	37%	34%	32%	31%	30%	29%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	117	61	28	0	0	0	0	0	0	0
Digital Trunking	110	105	94	103	114	127	140	154	167	179
GSM	0	0	0	926	2,920	4,814	5,957	6,832	7,388	7,715
TDMA	2,140	2,855	4,568	5,078	4,906	4,366	4,079	3,493	2,811	2,246
CDMA One	0	0	0	171	789	1,393	1,974	2,668	3,352	3,877
GSM/GPRS	0	0	0	9	32	76	138	221	290	350
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	25	48	75	98
CDMA 1x	0	0	0	3	16	41	68	113	165	220
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	25	33
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Total	2,367	3,021	4,691	6,289	8,778	10,817	12,382	13,528	14,273	14,729
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	154	143	128	121	113	107	104	102	102	101
Prepaid	62	59	56	55	55	56	56	56	57	57
Postpaid	293	285	257	264	267	272	275	277	278	279
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	17.27	12.08	12.81	10.98	10.89	10.40	10.00	9.78	9.58	9.38
Prepaid	10.02	6.43	7.10	6.28	6.53	6.58	6.56	6.55	6.49	6.40
Postpaid	35.07	21.21	23.42	20.71	21.56	21.72	21.65	21.61	21.41	21.13
Data/Internet ARPS	0.00	0.03	0.13	0.48	0.68	0.91	1.10	1.20	1.31	1.39
Prepaid	0.00	0.02	0.07	0.27	0.41	0.58	0.72	0.80	0.89	0.95
Postpaid	0.00	0.06	0.23	0.90	1.35	1.90	2.38	2.64	2.92	3.13
Total ARPS	17.27	12.11	12.94	11.46	11.57	11.31	11.10	10.97	10.88	10.77
Prepaid	10.02	6.44	7.17	6.55	6.94	7.16	7.28	7.35	7.37	7.35
Postpaid	35.07	21.27	23.65	21.61	22.91	23.63	24.02	24.25	24.34	24.26

Reporte de Costa Rica

COSTA RICA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	3,825	3,936	4,050	4,170	4,260	4,340	4,577	4,728	4,884	5,045
Nominal GDP (US\$ m)	15,957	16,382	16,887	17,416	18,124	18,431	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	(0.54)	(0.93)	0.87	3.50	2.40	1.90	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	4,058	4,089	4,112	4,170	4,260	4,250	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	6,844	7,730	7,920	8,200	8,390	8,550	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	11.01	11.24	9.17	9.40	11.10	8.40	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	308	329	360	400	440	481	NA	NA	NA	NA
PENETRATION (% Population)										
Main Lines	23.8%	25.5%	25.0%	25.5%	25.8%	26.3%	25.7%	25.6%	25.5%	25.4%
Mobile Subscriptions	5.5%	5.6%	12.7%	18.1%	19.1%	22.8%	23.9%	24.9%	25.7%	26.4%
Prepaid	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	6.4%	7.9%	9.0%	10.3%	11.6%
Postpaid	5.5%	5.6%	12.7%	18.1%	15.9%	16.4%	16.0%	15.9%	15.4%	14.8%
Digital Trunking	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mobile Users	5.5%	5.6%	12.7%	18.1%	19.1%	22.8%	23.9%	24.9%	25.7%	26.4%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
ICE Telefonía Celular	210	221	516	757	814	989	1,096	1,177	1,254	1,332
Total	210	221	516	757	814	989	1,096	1,177	1,254	1,332
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	0	0	0	0	138	277	362	427	501	585
Postpaid	210	221	516	757	676	712	734	750	753	747
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	4%	4%	4%	4%	6%	8%	10%	16%	18%	21%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	42	18	11	4	0	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	50	316	414	638	798	920	1,024	1,121
TDMA	168	203	454	437	399	346	285	235	201	173
CDMA One	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM/GPRS	0	0	0	0	1	5	12	22	30	38
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	210	221	516	757	814	989	1,096	1,177	1,254	1,332
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	309	326	287	286	247	221	210	202	192	183
Prepaid	0	0	0	0	41	38	36	34	33	31
Postpaid	309	326	287	286	290	293	295	297	299	302
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	21.53	21.84	18.34	18.16	16.89	15.28	13.98	13.37	12.79	12.14
Prepaid	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45	5.44	5.18	5.14	5.09	5.01
Postpaid	21.53	21.84	18.34	18.16	17.99	18.23	17.87	17.74	17.55	17.30
Data/Internet ARPS	0.00	0.00	0.00	0.10	0.57	0.78	0.88	0.93	1.01	1.10
Prepaid	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.28	0.33	0.36	0.40	0.45
Postpaid	0.00	0.00	0.00	0.10	0.60	0.93	1.12	1.24	1.38	1.57
Total ARPS	21.53	21.84	18.34	18.25	17.45	16.06	14.86	14.30	13.80	13.24
Prepaid	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	5.72	5.51	5.50	5.49	5.47
Postpaid	21.53	21.84	18.34	18.25	18.60	19.16	18.99	18.98	18.93	18.87
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Ecuador

ECUADOR	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	11,910	12,160	12,380	12,620	12,870	13,120	13,380	13,630	13,890	14,155
Nominal GDP (US\$ m)	15,934	21,024	24,311	27,471	30,047	31,406	32,935	34,709	36,560	NA
Real Growth per Capita (%)	0.70	3.00	1.60	0.70	2.90	1.70	0.80	1.60	1.10	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	1,340	1,730	1,960	2,180	2,330	2,390	2,460	2,550	2,630	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	3,400	3,590	3,700	3,780	3,960	4,110	4,240	4,400	4,540	NA
Consumer Price Inflation (%)	(7.50)	37.61	12.48	7.93	3.90	2.60	2.20	1.90	1.70	NA
Local Currency / US\$	24,988	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	10.1%	10.9%	11.4%	12.0%	12.5%	13.0%	13.3%	13.7%	14.0%	14.3%
Mobile Subscriptions	4.0%	6.8%	12.6%	18.8%	26.8%	29.2%	30.3%	30.9%	31.1%	31.1%
Prepaid	3.1%	5.5%	10.6%	16.4%	23.0%	24.9%	25.7%	26.2%	26.4%	26.4%
Postpaid	1.0%	1.3%	2.0%	2.5%	3.9%	4.3%	4.6%	4.6%	4.7%	4.8%
Mobile Users	4.0%	6.8%	12.6%	18.8%	26.8%	29.2%	30.3%	30.9%	31.1%	31.1%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Porta (Conocel)	255	484	923	1,533	2,202	2,339	2,377	2,414	2,413	2,402
Bell South (Otecel)	225	343	639	838	1,171	1,344	1,457	1,509	1,538	1,552
Alegro (Telecsa)	0	0	0	4	81	145	215	284	370	449
Total	480	827	1,562	2,375	3,454	3,828	4,049	4,207	4,321	4,403
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	367	663	1,310	2,064	2,958	3,266	3,440	3,576	3,668	3,730
Postpaid	113	164	252	311	496	562	609	631	653	673
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	24%	35%	36%	42%	44%	41%	39%	37%	35%	33%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	176	210	192	67	47	40	33	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	0	257	771	1,228	1,747	2,182	2,203	2,234
TDMA	305	617	1,339	1,701	1,891	1,463	906	381	88	17
CDMA One	0	0	31	345	720	995	1,235	1,469	1,800	1,854
GSM/GPRS	0	0	0	0	1	64	78	96	110	126
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	12	30	37
CDMA 1x	0	0	0	6	25	37	50	67	90	119
CDMA2000 (Ev/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	480	827	1,562	2,375	3,454	3,828	4,049	4,207	4,321	4,403
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	90	82	74	68	70	70	70	69	69	67
Prepaid	45	44	43	42	42	41	41	40	40	38
Postpaid	234	239	238	236	235	234	232	231	230	229
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	22.54	18.04	16.23	14.28	13.07	12.30	11.81	11.33	11.14	11.06
Prepaid	9.26	8.85	8.76	8.40	7.79	7.18	6.83	6.53	6.41	6.37
Postpaid	55.54	52.20	51.69	49.55	45.94	42.39	40.30	38.52	37.83	37.26
Data/Internet ARPS	0.00	0.09	0.37	0.40	0.48	0.78	0.97	1.11	1.20	1.26
Prepaid	0.00	0.04	0.20	0.23	0.29	0.45	0.56	0.64	0.69	0.73
Postpaid	0.00	0.26	1.16	1.38	1.70	2.67	3.32	3.79	4.06	4.25
Total ARPS	22.54	18.13	16.60	14.68	13.55	13.07	12.78	12.45	12.34	12.33
Prepaid	9.26	8.89	8.96	8.63	8.07	7.64	7.39	7.17	7.10	7.10
Postpaid	55.54	52.46	52.85	50.93	47.64	45.06	43.62	42.31	41.89	41.51
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de El Salvador

EL SALVADOR

	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	6,210	6,310	6,420	6,540	6,660	6,780	6,902	7,027	7,153	7,282
Nominal GDP (US\$ m)	13,128	13,803	14,286	14,864	15,972	17,179				
Real Growth per Capita (%)	0.37	0.22	0.40	0.10	1.00	0.80				
Nominal GDP per Capita (US\$)	2,114	2,188	2,230	2,270	2,400	2,540				
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	3,266	3,348	3,450	3,530	3,650	3,820				
Consumer Price Inflation (%)	2.28	3.81	1.83	2.12	4.50	4.40				
Local Currency / US\$	8.76	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75				
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	9.5%	9.8%	10.0%	9.8%	9.9%	9.9%	10.1%	10.1%	10.1%	10.1%
Mobile Subscriptions	11.4%	13.3%	13.6%	15.7%	21.5%	24.2%	26.0%	26.8%	27.4%	27.8%
Prepaid	4.6%	7.2%	9.1%	11.7%	17.5%	20.1%	21.7%	22.4%	23.0%	23.3%
Postpaid	6.8%	6.1%	4.5%	3.9%	4.0%	4.1%	4.3%	4.4%	4.4%	4.4%
Digital Trunking	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mobile Users	11.4%	13.3%	13.6%	15.7%	21.5%	24.2%	26.0%	26.8%	27.4%	27.8%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telemovil	313	409	427	459	501	517	549	585	616	642
Telefonica	230	239	231	248	334	387	434	469	499	526
Personal	165	186	151	216	468	591	653	664	672	676
Digicel	0	7	64	100	131	148	162	167	173	178
Total	708	842	873	1,024	1,433	1,643	1,797	1,886	1,960	2,021
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	287	455	584	768	1,168	1,364	1,499	1,577	1,643	1,700
Postpaid	421	387	289	256	265	279	298	309	317	321
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	19%	27%	34%	34%	39%	37%	35%	33%	32%	31%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	250	237	128	41	5	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	23	56	109	317	746	1,007	1,246	1,447	1,640	1,781
TDMA	205	310	404	418	397	362	316	265	228	191
CDMA One	230	239	231	248	283	268	221	157	66	16
GSM/GPRS	0	0	0	0	1	3	12	17	26	33
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0
CDMA2000 ((EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	708	842	873	1,024	1,433	1,643	1,797	1,886	1,960	2,021
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	117	101	85	74	64	61	60	59	58	58
Prepaid	41	41	40	39	38	36	35	34	34	33
Postpaid	168	172	176	179	181	183	184	185	187	188
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	36.49	32.50	26.33	22.45	18.86	17.35	16.10	15.06	14.18	13.44
Prepaid	14.53	14.61	13.39	13.03	11.53	11.26	10.56	9.87	9.28	8.78
Postpaid	47.94	48.94	46.19	45.78	46.11	45.73	43.57	41.35	39.43	37.85
Data/Internet ARPS	0.00	0.00	0.08	0.13	0.21	0.26	0.30	0.33	0.40	0.50
Prepaid	0.00	0.00	0.04	0.08	0.13	0.17	0.19	0.22	0.26	0.33
Postpaid	0.00	0.00	0.14	0.27	0.52	0.69	0.80	0.91	1.10	1.41
Total ARPS	36.49	32.50	26.40	22.59	19.07	17.61	16.40	15.39	14.58	13.94
Prepaid	14.53	14.61	13.43	13.11	11.66	11.43	10.76	10.09	9.54	9.10
Postpaid	47.94	48.94	46.33	46.05	46.63	46.41	44.37	42.26	40.54	39.26

Reporte de Guatemala

GUATEMALA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	11,420	11,730	12,040	12,360	12,690	13,030	13,379	13,738	14,106	14,484
Nominal GDP (US\$ m)	19,289	20,970	23,262	23,832	25,266	27,050	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	0.89	(0.37)	(0.40)	(0.70)	0.30	0.80	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	1,689	1,788	1,930	1,930	1,990	2,080	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	4,675	4,768	4,800	4,830	4,880	5,030	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	6.00	7.63	8.05	5.60	6.20	5.40	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	7.76	7.86	7.82	7.95	8.18	8.33	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	5.9%	6.5%	7.0%	7.6%	8.1%	8.6%	8.9%	9.2%	9.5%	10.1%
Mobile Subscriptions	6.2%	8.6%	11.5%	15.4%	19.5%	21.6%	22.5%	23.2%	23.7%	24.0%
Prepaid	3.8%	6.0%	8.9%	12.4%	16.3%	18.2%	19.1%	19.8%	20.2%	20.6%
Postpaid	2.4%	2.6%	2.6%	2.9%	3.3%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
Mobile Users	6.2%	8.6%	11.5%	15.4%	19.5%	21.6%	22.5%	23.2%	23.7%	24.0%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
BellSouth	9	74	193	277	316	364	380	395	409	421
Telefonica Moviles	142	157	97	157	284	321	351	386	426	468
SERCOM (TELGUA)	261	419	629	870	1,169	1,301	1,362	1,402	1,426	1,447
COMCEL	298	359	468	596	691	778	838	876	903	913
Digicel	0	0	0	0	17	50	85	125	171	223
Total	710	1,009	1,387	1,901	2,478	2,813	3,016	3,184	3,336	3,471
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	436	708	1,071	1,539	2,065	2,374	2,561	2,715	2,856	2,982
Postpaid	274	301	316	362	413	438	455	469	480	490
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	26%	24%	29%	29%	31%	31%	31%	30%	30%	29%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	238	197	140	72	25	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	0	0	91	197	310	431	557	685
TDMA	60	162	327	525	589	624	603	558	501	431
CDMA One	412	650	919	1,298	1,756	1,966	2,067	2,150	2,222	2,289
GSM/GPRS	0	0	0	0	3	6	9	12	16	19
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	7	13	20	26	33	40	47
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	710	1,009	1,387	1,901	2,478	2,813	3,016	3,184	3,336	3,471
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	206	197	185	168	157	149	142	137	134	130
Prepaid	175	170	162	146	139	132	127	123	119	116
Postpaid	255	262	265	263	252	239	230	223	220	217
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	28.15	22.30	18.73	16.48	14.84	13.43	12.23	11.23	10.45	9.77
Prepaid	13.96	12.37	11.53	11.03	10.41	9.57	8.64	7.93	7.37	6.88
Postpaid	46.05	42.05	39.51	37.50	35.40	33.51	32.11	30.10	28.54	27.19
Data/Internet ARPS	0.00	0.10	0.17	0.18	0.23	0.26	0.32	0.39	0.49	0.61
Prepaid	0.00	0.06	0.10	0.12	0.16	0.19	0.22	0.28	0.35	0.43
Postpaid	0.00	0.19	0.35	0.42	0.54	0.65	0.83	1.06	1.34	1.69
Total ARPS	28.15	22.40	18.90	16.67	15.06	13.69	12.55	11.63	10.94	10.38
Prepaid	13.96	12.42	11.63	11.15	10.57	9.76	8.86	8.21	7.72	7.31
Postpaid	46.05	42.24	39.86	37.92	35.95	34.16	32.94	31.16	29.88	28.88

Reporte de Honduras

HONDURAS	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	6,460	6,620	6,780	6,950	7,130	7,310	7,448	7,588	7,732	7,878
Nominal GDP (US\$ m)	6,022	6,444	6,498	6,808	6,949	7,106	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	2.17	0.10	0.10	0.40	0.80	1.40	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	932	973	958	979	975	972	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	2,396	2,455	2,480	2,530	2,570	2,660	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	11.06	9.67	7.70	7.70	6.60	6.30	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	14.84	15.47	16.43	17.39	18.71	20.23	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	4.6%	4.7%	4.8%	5.0%	6.5%	6.9%	7.7%	8.1%	8.7%	8.9%
Mobile Subscriptions	2.4%	3.6%	4.8%	5.3%	7.6%	9.7%	11.2%	12.0%	12.5%	12.9%
Prepaid	1.6%	2.4%	3.4%	3.8%	5.9%	7.9%	9.2%	10.0%	10.6%	11.0%
Postpaid	0.8%	1.1%	1.4%	1.5%	1.7%	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%
Mobile Users	2.4%	3.6%	4.8%	5.3%	7.6%	9.7%	11.2%	12.0%	12.5%	12.9%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Celtel	155	238	325	369	427	496	555	581	600	615
Megatel	0	0	0	0	117	214	280	329	365	399
Total	155	238	325	369	545	711	835	911	965	1,013
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	101	162	227	265	423	575	682	761	818	863
Postpaid	54	76	97	103	121	135	142	144	147	150
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	11%	11%	11%	14%	30%	30%	30%	28%	27%	26%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	116	114	81	33	27	5	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	0	0	137	268	417	542	656	768
TDMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA One	39	124	244	335	380	436	414	362	300	231
GSM/GPRS	0	0	0	0	0	1	3	6	10	14
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	155	238	325	369	545	711	835	911	965	1,013
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	114	109	103	96	83	77	72	69	67	65
Prepaid	68	65	64	61	57	55	53	52	51	50
Postpaid	198	202	195	184	175	169	165	160	156	151
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	36.30	32.67	29.89	25.41	19.82	16.35	15.21	14.37	13.77	13.19
Prepaid	19.09	19.25	17.81	15.26	12.46	10.82	10.24	9.78	9.54	9.19
Postpaid	57.27	59.68	56.99	50.34	42.38	37.87	36.86	36.20	36.25	35.83
Data/Internet ARPS	0.00	0.00	0.08	0.10	0.15	0.18	0.20	0.24	0.28	0.33
Prepaid	0.00	0.00	0.05	0.06	0.09	0.12	0.13	0.16	0.20	0.23
Postpaid	0.00	0.00	0.14	0.20	0.32	0.41	0.48	0.60	0.75	0.90
Total ARPS	36.30	32.67	29.97	25.51	19.97	16.53	15.40	14.61	14.05	13.52
Prepaid	19.09	19.25	17.85	15.31	12.56	10.94	10.37	9.95	9.74	9.42
Postpaid	57.27	59.68	57.13	50.54	42.70	38.29	37.34	36.80	37.00	36.74
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de México

MEXICO	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	99,050	100,600	101,850	103,300	104,700	106,200	107,700	109,200	110,700	112,221
Nominal GDP (US\$ m)	581,328	622,260	648,461	626,079	635,649	648,420	664,369	704,875	760,293	820,068
Real Growth per Capita (%)	4.94	(1.60)	(0.70)	(0.10)	2.60	1.60	1.20	1.20	0.90	0.68
Nominal GDP per Capita (US\$)	5,879	6,200	6,370	6,060	6,070	6,110	6,170	6,450	6,870	7,317
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	8,940	9,010	9,080	9,220	9,620	9,960	10,310	10,670	10,990	11,320
Consumer Price Inflation (%)	9.49	6.37	5.03	4.55	4.30	3.90	4.10	5.20	5.30	5.40
Local Currency / US\$	9.46	9.34	9.66	10.79	11.39	11.75	12.10	12.20	12.10	12.00
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	12.5%	13.7%	14.7%	15.8%	17.2%	18.2%	18.8%	19.4%	19.9%	20.2%
Mobile Subscriptions	14.5%	21.6%	25.2%	28.5%	33.7%	37.0%	39.1%	40.2%	40.8%	41.1%
Prepaid	12.8%	19.7%	23.2%	26.5%	31.5%	34.7%	36.7%	37.8%	38.4%	38.6%
Postpaid	1.7%	1.9%	2.0%	1.9%	2.2%	2.3%	2.4%	2.4%	2.5%	2.4%
Digital Trunking	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.8%	0.9%	0.9%	0.9%	1.0%	1.0%
Mobile Users	14.5%	21.6%	25.2%	28.5%	33.7%	36.0%	36.9%	37.4%	37.7%	37.8%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telcel	10,462	16,965	20,067	23,444	27,705	30,543	32,371	33,574	34,391	34,962
Telefonica Moviles	1,285	1,212	2,419	3,454	4,685	5,651	6,401	6,987	7,411	7,719
Pegaso	570	778	0	0	0	0	0	0	0	0
Unefon	156	825	1,080	1,222	1,485	1,649	1,752	1,814	1,854	1,874
Portatel	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iusacell	1,680	1,948	2,121	1,276	1,372	1,485	1,553	1,567	1,559	1,556
Total	14,313	21,727	25,687	29,397	35,247	39,328	42,077	43,943	45,214	46,111
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	12,676	19,851	23,633	27,384	32,969	36,847	39,476	41,273	42,502	43,365
Postpaid	1,637	1,877	2,054	2,012	2,279	2,481	2,601	2,669	2,712	2,745
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	37%	36%	38%	41%	38%	37%	36%	35%	34%	33%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	9,946	8,887	4,319	849	37	0	0	0	0	0
Digital Trunking	272	400	517	658	846	930	977	1,035	1,077	1,109
GSM	0	0	809	4,991	12,557	17,052	20,008	22,601	23,790	24,022
TDMA	2,616	9,331	15,625	18,600	16,818	14,879	13,683	11,086	10,200	8,721
CDMA One	1,752	3,510	4,913	4,746	4,868	5,165	5,183	4,962	4,721	4,408
GSM/GPRS	0	0	21	207	953	1,717	2,592	3,995	4,521	5,349
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	486	573	1,114	1,290	2,494
CDMA 1x	0	0	0	4	14	27	38	72	116	227
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	36	93
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	113	542	797
Total	14,585	22,128	26,204	30,055	36,093	40,258	43,053	44,978	46,291	47,219
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	80	69	67	70	75	80	83	85	86	86
Prepaid	59	50	48	51	54	58	61	62	62	63
Postpaid	244	272	289	328	372	403	427	444	457	460
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	25.20	18.20	17.67	16.95	16.20	15.58	15.10	14.72	14.43	14.20
Prepaid	15.73	11.70	10.75	10.76	10.63	10.35	10.08	9.87	9.71	9.57
Postpaid	83.39	78.38	94.21	94.68	94.44	92.36	90.42	89.00	87.93	87.09
Data/Internet ARPS	0.00	0.04	0.07	0.49	0.98	1.37	1.58	1.79	1.86	1.98
Prepaid	0.00	0.02	0.04	0.31	0.64	0.91	1.05	1.20	1.25	1.33
Postpaid	0.02	0.15	0.39	2.75	5.71	8.15	9.44	10.80	11.35	12.14
Total ARPS	25.20	18.24	17.75	17.45	17.18	16.96	16.67	16.51	16.29	16.18

Reporte de Nicaragua

NICARAGUA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	5,072	5,205	5,342	5,480	5,630	5,770	5,922	6,078	6,221	6,367
Nominal GDP (US\$ m)	3,953	4,038	4,007	4,135	4,357	4,526	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	1.38	0.37	(1.56)	(0.30)	0.90	0.70	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	780	776	750	754	774	784	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	2,360	2,425	2,424	2,456	2,520	2,590	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	11.54	7.34	3.75	5.30	7.70	5.20	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	12.68	13.37	14.25	15.10	15.96	16.68	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	3.1%	3.0%	3.2%	4.1%	4.6%	4.8%	4.9%	5.0%	5.0%	5.0%
Mobile Subscriptions	2.0%	3.0%	4.1%	8.1%	10.4%	11.8%	12.5%	12.7%	13.0%	13.0%
Prepaid	1.4%	2.3%	3.2%	6.8%	9.0%	10.4%	11.1%	11.4%	11.6%	11.7%
Postpaid	0.6%	0.8%	0.9%	1.4%	1.4%	1.4%	1.4%	1.4%	1.3%	1.3%
Mobile Users	2.0%	3.0%	4.1%	8.1%	10.4%	11.8%	12.5%	12.7%	13.0%	13.0%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
BellSouth	103	156	201	232	215	223	219	216	216	217
PCS Digital	0	0	1	96	176	245	297	331	358	377
Enitel PCS	0	0	17	118	195	215	224	227	231	234
Total	103	156	219	446	586	684	740	775	806	828
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	72	117	171	371	506	601	658	692	723	744
Postpaid	31	39	48	75	81	82	83	83	83	83
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	4%	4%	8%	26%	28%	27%	24%	24%	23%	23%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	60	62	4	0	0	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	18	214	369	457	515	550	579	598
TDMA	43	94	197	220	182	165	129	94	61	28
CDMA One	0	0	0	12	32	56	88	119	152	184
GSM/GPRS	0	0	0	0	2	4	6	8	11	13
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	0	1	2	3	3	4	5
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	103	156	219	446	586	684	740	775	806	828
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	67	61	58	49	44	41	40	39	38	37
Prepaid	43	41	40	35	32	31	30	30	29	28
Postpaid	125	122	120	119	118	118	117	117	116	115
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	35.26	33.50	30.15	22.61	18.09	15.28	13.76	12.90	12.48	12.08
Prepaid	18.83	18.87	16.81	12.98	11.15	9.89	9.13	8.91	8.90	8.84
Postpaid	67.06	73.08	73.98	64.89	57.16	51.93	49.08	45.46	43.07	40.60
Data/Internet ARPS	0.00	0.00	0.05	0.32	0.37	0.42	0.42	0.45	0.51	0.58
Prepaid	0.00	0.00	0.03	0.18	0.23	0.27	0.28	0.31	0.36	0.43
Postpaid	0.00	0.00	0.12	0.92	1.16	1.44	1.51	1.58	1.75	1.96
Total ARPS	35.26	33.50	30.20	22.93	18.46	15.71	14.18	13.35	12.99	12.67
Prepaid	18.83	18.87	16.84	13.16	11.38	10.16	9.41	9.22	9.26	9.27
Postpaid	67.06	73.08	74.10	65.81	58.32	53.36	50.60	47.05	44.82	42.56
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Panamá

PANAMA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	2,860	3,004	3,060	3,120	3,210	3,280	3,272	3,305	3,338	3,421
Nominal GDP (US\$ m)	11,621	11,808	12,216	12,643	13,388	14,142	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	0.66	(4.22)	0.30	2.20	1.40	1.80	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	3,836	3,676	3,740	4,050	4,170	4,310	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	8,279	8,118	8,272	8,590	8,860	9,190	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	1.49	0.31	1.01	1.40	2.40	1.90	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	15.2%	12.7%	12.2%	13.0%	14.0%	15.1%	16.4%	17.2%	17.2%	17.1%
Mobile Subscriptions	14.1%	18.2%	20.8%	27.3%	30.7%	32.7%	34.2%	35.6%	36.7%	36.9%
Prepaid	12.1%	15.9%	18.4%	24.8%	28.1%	30.0%	31.3%	32.6%	33.7%	33.9%
Postpaid	2.0%	2.4%	2.4%	2.5%	2.6%	2.8%	2.9%	3.0%	3.0%	3.0%
Digital Trunking	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mobile Users	14.1%	18.2%	20.8%	27.3%	30.7%	32.7%	34.2%	35.6%	36.7%	36.9%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
BellSouth	214	305	349	420	479	521	550	580	606	627
C & W Movil	190	243	287	432	507	553	570	596	618	636
Total	404	548	636	852	986	1,074	1,120	1,176	1,224	1,263
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	347	477	562	773	901	983	1,026	1,079	1,123	1,161
Postpaid	58	71	73	79	85	91	94	98	100	102
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	17%	23%	25%	26%	27%	27%	26%	26%	25%	25%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	8	16	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	14	86	127	194	256	358	432	509
TDMA	404	548	600	720	753	706	617	493	383	262
CDMA One	0	0	22	42	96	156	220	290	364	439
GSM/GPRS	0	0	0	1	4	7	10	13	17	21
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA 1x	0	0	0	3	7	12	16	22	27	33
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	404	548	644	868	986	1,074	1,120	1,176	1,224	1,263
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	85	84	87	85	84	83	82	81	80	79
Prepaid	70	74	78	78	77	76	76	75	74	73
Postpaid	158	155	159	157	155	154	152	151	149	147
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	52.31	39.47	35.13	31.96	30.37	29.00	26.97	24.00	21.88	20.32
Prepaid	38.49	32.05	28.74	26.68	25.69	24.50	22.43	19.52	17.54	16.12
Postpaid	96.68	87.06	81.20	78.26	78.15	77.18	76.25	73.22	70.17	67.70
Data/Internet ARPS	0.06	0.06	0.08	0.88	1.05	1.42	1.71	2.07	2.49	3.00
Prepaid	0.04	0.05	0.06	0.74	0.89	1.20	1.42	1.68	2.00	2.38
Postpaid	0.10	0.13	0.17	2.16	2.70	3.78	4.83	6.31	7.99	9.99
Total ARPS	52.37	39.52	35.20	32.85	31.42	30.42	28.68	26.07	24.37	23.32
Prepaid	38.53	32.09	28.80	27.42	26.58	25.70	23.85	21.21	19.54	18.50
Postpaid	96.78	87.18	81.37	80.42	80.85	80.96	81.08	79.52	78.15	77.70
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Paraguay

PARAGUAY	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	5,498	5,641	5,786	5,930	6,090	6,240	6,394	6,551	6,713	6,878
Nominal GDP (US\$ m)	7,722	6,848	5,594	5,883	6,644	7,008	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	(2.87)	0.11	(4.77)	0.00	(0.50)	0.70	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	1,405	1,214	967	991	1,090	1,120	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	3,457	3,543	3,426	3,480	3,520	3,620	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	8.98	7.27	10.51	14.23	5.30	6.10	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	3,486	4,106	5,716	6,424	6,067	6,334	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	4.9%	5.1%	5.2%	5.3%	5.4%	5.6%	5.7%	5.8%	5.9%	5.9%
Mobile Subscriptions	15.3%	20.4%	21.4%	22.6%	21.4%	22.5%	24.1%	25.6%	26.8%	27.4%
Prepaid	12.1%	16.7%	18.7%	19.7%	18.6%	19.8%	21.2%	22.6%	23.6%	24.2%
Postpaid	3.2%	3.7%	2.8%	2.9%	2.9%	2.7%	2.9%	3.0%	3.1%	3.2%
Mobile Users	15.3%	20.4%	21.4%	22.6%	21.4%	22.5%	24.1%	25.6%	26.8%	27.4%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
TELECEL	500	565	550	605	535	555	583	608	627	645
Telecom Personal/Nucleo	321	501	519	527	513	548	604	645	676	703
Vox Comunicaciones Digitales	20	70	109	130	167	191	214	247	281	307
Hutchison Whampoa	0	18	61	77	91	112	139	179	213	229
Total	841	1,153	1,240	1,339	1,306	1,406	1,541	1,680	1,796	1,885
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	667	943	1,080	1,169	1,130	1,235	1,353	1,480	1,585	1,665
Postpaid	174	210	160	170	176	171	188	199	211	220
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	19%	21%	31%	31%	24%	29%	28%	27%	26%	24%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	325	282	179	109	29	11	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	20	88	171	206	345	509	656	886	1,101	1,307
TDMA	496	783	890	1,022	927	868	852	745	618	485
CDMA One	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM/GPRS	0	0	0	2	4	17	33	50	66	78
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	0	1	12	15
CDMA 1x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	841	1,153	1,240	1,339	1,306	1,406	1,541	1,681	1,796	1,885
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	93	87	73	68	68	67	68	67	68	69
Prepaid	50	52	50	47	43	43	42	42	41	41
Postpaid	258	247	224	213	224	244	249	257	267	281
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	24.19	15.00	10.20	8.67	9.10	8.92	8.83	8.74	8.66	8.57
Prepaid	16.93	12.58	8.83	7.69	8.05	7.91	7.87	7.80	7.74	7.67
Postpaid	50.78	25.15	17.67	15.37	16.10	15.82	15.75	15.61	15.48	15.34
Data/Internet ARPS	0.06	0.06	0.08	0.13	0.21	0.33	0.44	0.53	0.62	0.69
Prepaid	0.04	0.05	0.07	0.12	0.19	0.29	0.39	0.47	0.55	0.62
Postpaid	0.13	0.10	0.13	0.23	0.37	0.59	0.78	0.95	1.10	1.24
Total ARPS	24.25	15.06	10.28	8.80	9.31	9.25	9.27	9.28	9.27	9.26
Prepaid	16.97	12.63	8.90	7.80	8.24	8.20	8.27	8.28	8.29	8.29
Postpaid	50.91	25.25	17.80	15.61	16.47	16.41	16.53	16.56	16.58	16.58

Reporte de Perú

PERU	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	25,939	26,347	26,749	27,190	27,630	28,060	28,480	28,900	29,310	29,726
Nominal GDP (US\$ m)	53,089	53,659	56,430	60,980	66,708	72,549	78,148	83,766	91,004	NA
Real Growth per Capita (%)	1.18	(1.30)	3.28	2.40	2.70	2.40	2.60	2.40	2.60	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	2,047	2,037	2,110	2,240	2,410	2,590	2,740	2,900	3,100	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	4,748	4,798	5,031	5,240	5,470	5,710	5,990	6,270	6,570	NA
Consumer Price Inflation (%)	3.76	1.98	0.19	2.26	3.80	3.10	2.60	2.30	2.00	NA
Local Currency / US\$	3.49	3.51	3.52	3.48	3.48	3.46	3.45	3.43	3.42	NA
PENETRATION (% Population)										
Main Lines	6.8%	6.8%	6.9%	7.2%	7.5%	7.8%	8.1%	8.3%	8.5%	8.6%
Mobile Subscriptions	4.9%	6.3%	8.2%	10.2%	13.5%	16.6%	19.2%	21.4%	22.8%	23.7%
Prepaid	3.7%	4.9%	6.4%	8.1%	10.8%	13.3%	15.6%	17.5%	18.8%	19.7%
Postpaid	1.1%	1.3%	1.8%	2.1%	2.7%	3.2%	3.6%	3.9%	4.0%	4.0%
Digital Trunking	0.2%	0.4%	0.5%	0.5%	0.6%	0.7%	0.7%	0.8%	0.8%	0.8%
Mobile Users	4.9%	6.3%	8.2%	10.2%	13.5%	16.6%	19.2%	21.4%	22.8%	23.7%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telefonica Moviles (MoviStar)	898	1,069	1,239	1,507	2,069	2,597	3,061	3,441	3,689	3,850
BellSouth Peru	361	406	550	642	768	896	1,025	1,141	1,227	1,292
TIM Peru	0	173	395	624	902	1,153	1,387	1,594	1,761	1,892
Total	1,259	1,648	2,185	2,773	3,738	4,646	5,473	6,176	6,676	7,033
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	965	1,295	1,715	2,200	2,992	3,746	4,444	5,046	5,507	5,855
Postpaid	294	353	470	573	746	900	1,029	1,129	1,170	1,178
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	37%	41%	39%	37%	34%	29%	26%	24%	24%	24%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	879	775	559	263	126	34	8	0	0	0
Digital Trunking	58	94	130	147	170	191	210	227	238	248
GSM	0	173	395	618	878	1,112	1,327	1,514	1,659	1,760
TDMA	155	232	409	536	654	727	765	679	538	405
CDMA One	225	468	821	1,344	1,998	2,650	3,218	3,754	4,142	4,465
GSM/GPRS	0	0	0	5	21	32	46	60	74	96
GSM/EDGE	0	0	0	0	2	9	15	20	28	36
CDMA 1x	0	0	0	5	58	82	96	149	209	234
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	0	27	38
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1,317	1,742	2,315	2,920	3,909	4,836	5,683	6,403	6,915	7,281
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	88	81	79	83	83	83	83	83	84	84
Prepaid	45	43	41	48	49	50	52	54	56	57
Postpaid	228	223	218	218	218	217	217	217	216	215
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	23.08	20.77	19.21	17.63	16.57	15.74	15.19	14.81	14.44	14.08
Prepaid	16.47	15.37	14.32	13.29	12.61	12.03	11.69	11.47	11.27	11.10
Postpaid	43.15	39.64	37.10	33.90	32.15	30.92	30.05	29.49	28.97	28.52
Data/Internet ARPS	0.10	0.14	0.28	0.72	0.85	1.47	1.63	1.79	2.00	2.20
Prepaid	0.07	0.11	0.21	0.54	0.65	1.12	1.25	1.38	1.56	1.73
Postpaid	0.19	0.27	0.55	1.39	1.66	2.89	3.22	3.55	4.02	4.45
Total ARPS	23.18	20.91	19.49	18.35	17.42	17.21	16.82	16.60	16.44	16.28
Prepaid	16.54	15.47	14.53	13.84	13.26	13.16	12.95	12.86	12.84	12.83
Postpaid	43.34	39.92	37.64	35.29	33.81	33.81	33.27	33.04	32.99	32.96

Reporte de Puerto Rico

PUERTO RICO	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	3,810	3,840	3,870	3,900	3,930	3,960	3,990	4,020	4,050	4,080
Nominal GDP (US\$ m)	64,885	69,404	73,900	78,633	83,673	89,041	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	3.10	1.70	(0.20)	1.60	2.80	3.00	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	16,306	17,762	18,912	20,123	21,413	21,964	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	16,306	17,762	18,912	20,123	21,413	21,964	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	5.70	8.20	4.50	8.10	5.50	4.50	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PENETRATION (% Population)										
Main Lines	34.1%	33.8%	33.3%	32.7%	32.3%	31.7%	31.1%	30.5%	29.8%	29.5%
Mobile Subscriptions	34.7%	40.9%	42.0%	43.0%	43.7%	44.5%	45.5%	46.5%	47.2%	47.6%
Prepaid	14.2%	15.8%	16.4%	17.1%	17.4%	17.8%	18.6%	19.2%	19.8%	20.3%
Postpaid	20.6%	25.1%	25.7%	25.9%	26.2%	26.6%	26.9%	27.3%	27.3%	27.3%
Digital Trunking	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mobile Users	34.7%	40.8%	41.4%	41.8%	42.2%	42.6%	43.1%	43.6%	44.0%	44.2%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Verizon (PRT)	335	327	351	353	346	354	366	377	382	386
Centennial	180	259	277	296	311	325	340	352	360	365
Cingular	509	585	565	564	577	590	606	626	645	660
MoviStar	149	187	169	175	148	140	136	134	131	131
AT&T Wireless	150	190	205	202	228	246	261	275	288	298
Sprint	0	23	61	87	105	107	107	106	104	100
Total	1,323	1,571	1,627	1,677	1,716	1,763	1,817	1,870	1,910	1,940
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	539	607	633	666	685	707	742	774	802	827
Postpaid	784	964	994	1,011	1,031	1,052	1,075	1,096	1,107	1,113
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	42%	58%	45%	45%	47%	46%	41%	38%	34%	31%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	256	159	111	61	0	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	16	200	342	478	611	676	667	717
TDMA	783	982	859	699	617	472	334	238	190	167
CDMA One	284	430	640	695	703	702	676	635	611	568
GSM/GPRS	0	0	0	1	9	24	51	91	154	158
GSM/EDGE	0	0	0	0	1	6	12	30	53	62
CDMA 1x	0	0	2	21	43	80	125	176	191	190
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	6	21	40	74
UMTS	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5
Total	1,323	1,571	1,627	1,677	1,716	1,763	1,817	1,870	1,910	1,940
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	272	323	329	332	336	339	342	342	341	339
Prepaid	53	52	52	53	53	53	53	53	53	53
Postpaid	423	495	506	516	524	532	541	546	549	551
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	47.00	42.00	41.16	39.51	38.33	37.43	36.73	36.20	35.79	34.82
Prepaid	20.14	19.02	18.50	17.85	17.39	17.01	16.77	16.62	16.52	16.17
Postpaid	66.47	57.06	55.51	53.56	52.18	51.04	50.30	49.87	49.57	48.51
Data/Internet ARPS	0.28	0.31	0.61	0.79	1.08	1.44	1.91	2.32	2.86	3.62
Prepaid	0.12	0.14	0.28	0.36	0.49	0.66	0.87	1.07	1.32	1.68
Postpaid	0.40	0.42	0.83	1.07	1.47	1.97	2.62	3.20	3.96	5.04
Total ARPS	47.28	42.31	41.77	40.31	39.41	38.87	38.65	38.52	38.65	38.44

Reporte de Uruguay

URUGUAY

	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	3,342	3,360	3,380	3,390	3,410	3,420	3,380	3,390	3,410	3,430
Nominal GDP (US\$ m)	20,086	18,561	12,277	11,183	12,278	12,560	NA	NA	NA	NA
Real Growth per Capita (%)	(2.30)	(3.90)	(11.50)	2.10	5.60	3.60	NA	NA	NA	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	6,010	5,524	3,630	3,300	3,610	3,670	NA	NA	NA	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	8,419	8,283	7,440	7,720	8,300	8,760	NA	NA	NA	NA
Consumer Price Inflation (%)	4.71	4.40	13.89	19.43	9.80	7.70	NA	NA	NA	NA
Local Currency / US\$	12.10	13.32	21.26	28.21	30.23	32.17	NA	NA	NA	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	29.2%	31.7%	28.3%	28.2%	31.3%	32.5%	33.8%	34.4%	34.9%	35.4%
Mobile Subscriptions	13.0%	14.3%	14.6%	14.4%	18.2%	21.5%	24.5%	26.5%	27.8%	28.6%
Prepaid	6.9%	9.5%	10.8%	10.7%	13.6%	16.3%	18.8%	20.5%	21.8%	22.8%
Postpaid	6.1%	4.8%	3.8%	3.7%	4.6%	5.2%	5.7%	5.9%	6.0%	5.9%
Mobile Users	13.0%	14.3%	14.6%	14.4%	18.2%	21.5%	24.5%	26.5%	27.8%	28.6%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Ancel	307	342	352	343	412	430	439	440	437	430
Movicom	126	137	141	146	196	232	263	290	310	324
America Movil	0	0	0	0	14	74	126	167	200	227
Total	433	479	493	489	621	735	828	897	948	982
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	229	318	364	363	464	556	635	696	744	781
Postpaid	204	161	129	125	157	179	194	202	204	201
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	20%	25%	30%	30%	29%	31%	29%	27%	26%	24%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	280	229	187	146	114	74	26	3	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	0	0	0	12	95	221	320	402	474	535
TDMA	138	215	264	279	320	268	231	186	140	93
CDMA One	15	34	42	51	86	157	225	271	291	299
GSM/GPRS	0	0	0	1	4	10	12	16	20	25
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	1	3	3	4	5
CDMA 1X	0	0	0	0	2	5	12	16	20	23
CDMA2000 (EV/3X)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	433	479	493	489	621	735	828	897	948	982
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	102	67	54	53	52	51	49	48	47	45
Prepaid	60	52	39	38	38	37	36	36	35	34
Postpaid	149	97	97	97	95	93	91	90	89	88
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	39.50	28.35	13.38	13.84	14.04	13.20	12.15	11.54	11.02	10.57
Prepaid	17.18	14.08	7.06	5.77	6.11	5.77	5.54	5.38	5.25	5.16
Postpaid	60.14	49.78	28.26	36.92	37.28	35.76	33.24	32.26	31.50	30.95
Data/Internet ARPS	0.06	0.27	0.43	0.62	0.80	1.03	1.23	1.37	1.49	1.58
Prepaid	0.02	0.14	0.23	0.26	0.35	0.45	0.56	0.64	0.71	0.77
Postpaid	0.09	0.48	0.90	1.66	2.12	2.80	3.37	3.82	4.26	4.62
Total ARPS	39.56	28.62	13.81	14.46	14.84	14.23	13.38	12.91	12.51	12.15
Prepaid	17.21	14.21	7.29	6.03	6.46	6.22	6.10	6.01	5.96	5.93
Postpaid	60.22	50.26	29.16	38.58	39.40	38.55	36.61	36.09	35.77	35.57
MOBILE REVENUES BY TYPE OF APPLICATION (US\$ millions)										

Reporte de Venezuela

VENEZUELA	2000A	2001A	2002A	2003A	2004E	2005E	2006E	2007E	2008E	2009E
DEMOGRAPHICS										
Population (000)	24,169	24,630	25,089	25,549	26,000	26,450	26,900	27,340	27,780	28,169
Nominal GDP (US\$ m)	121,258	126,197	95,424	84,816	102,116	102,832	104,945	109,959	114,714	NA
Real Growth per Capita (%)	1.26	0.87	(10.55)	(11.10)	8.10	0.60	1.10	1.60	1.60	NA
Nominal GDP per Capita (US\$)	5,017	5,124	3,803	3,320	3,930	3,890	3,900	4,020	4,130	NA
PPP Adjusted GDP per Capita (US\$)	5,794	5,983	5,434	4,910	5,400	5,540	5,720	5,950	6,170	NA
Consumer Price Inflation (%)	16.21	12.53	22.43	31.09	23.40	21.00	21.00	18.10	13.30	NA
Local Currency / US\$	679.96	723.67	1,160.95	1,606.96	1,891.33	2,162.61	2,464.48	2,742.15	3,045.32	NA
MOBILE PENETRATION (% Population)										
Main Lines	10.5%	10.9%	11.1%	11.8%	12.2%	12.4%	12.6%	12.6%	12.5%	12.5%
Mobile Subscriptions	21.7%	25.9%	26.1%	26.9%	29.9%	31.2%	32.0%	32.5%	32.8%	33.3%
Prepaid	18.1%	23.0%	23.6%	24.4%	27.1%	28.3%	29.0%	29.5%	29.8%	30.3%
Postpaid	3.6%	2.8%	2.5%	2.5%	2.8%	2.9%	2.9%	2.9%	3.0%	3.0%
Mobile Users	21.7%	25.9%	26.1%	26.9%	29.9%	31.2%	32.0%	32.5%	32.8%	33.3%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY NETWORK OPERATOR (000)										
Telcel/BellSouth	3,234	3,106	2,920	2,900	3,093	3,230	3,334	3,429	3,519	3,631
Movilnet	1,706	2,462	2,561	2,681	3,013	3,169	3,274	3,363	3,428	3,502
Digicel/Elca	0	25	36	40	46	49	54	58	61	64
Infonet	28	115	142	110	125	131	133	134	134	135
Digitel/TIM	270	667	895	1,153	1,497	1,678	1,803	1,895	1,969	2,047
Total	5,238	6,375	6,554	6,884	7,775	8,257	8,599	8,879	9,112	9,378
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TYPE OF PACKAGE (000)										
Prepaid	4,366	5,677	5,915	6,239	7,051	7,494	7,811	8,073	8,288	8,538
Postpaid	872	698	639	644	723	763	788	806	824	840
CHURN										
Annual Churn Rate (%)	27%	28%	32%	37%	36%	34%	34%	33%	32%	31%
MOBILE SUBSCRIPTIONS BY TECHNOLOGY (000)										
Analog	1,156	495	252	100	31	0	0	0	0	0
Digital Trunking	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GSM	298	807	1,073	1,293	1,648	1,815	1,910	1,966	2,005	2,027
TDMA	1,682	2,432	2,237	1,974	1,772	1,584	1,411	1,249	1,093	970
CDMA One	2,102	2,640	2,978	3,428	4,177	4,618	4,921	5,159	5,343	5,519
GSM/GPRS	0	0	0	9	21	42	72	102	123	152
GSM/EDGE	0	0	0	0	0	0	9	19	33	45
CDMA1x	0	0	15	79	127	197	276	350	411	483
CDMA2000 (EV/3x)	0	0	0	0	0	0	0	34	101	161
UMTS	0	0	0	0	0	0	0	0	4	21
Total	5,238	6,375	6,554	6,884	7,775	8,257	8,599	8,879	9,112	9,378
USAGE										
Average Monthly Voice MOU (minutes)	97	85	82	81	80	80	80	80	80	79
Prepaid	70	66	64	64	63	62	62	62	61	61
Postpaid	234	238	241	248	253	256	259	261	264	268
AVERAGE REVENUE PER SUBSCRIPTION (US\$/month)										
Voice ARPS	37.85	33.35	21.97	17.11	16.77	16.45	16.33	16.28	16.25	16.23
Prepaid	23.55	24.19	15.54	12.38	12.12	11.92	11.82	11.78	11.75	11.73
Postpaid	89.62	91.91	77.72	61.89	61.86	60.81	60.80	61.09	61.42	61.81
Data/Internet ARPS	0.11	0.47	0.86	1.69	2.07	2.23	2.53	2.86	3.15	3.41
Prepaid	0.07	0.34	0.61	1.22	1.50	1.62	1.83	2.07	2.28	2.46
Postpaid	0.27	1.28	3.04	6.10	7.63	8.25	9.41	10.73	11.91	12.96
Total ARPS	37.96	33.81	22.84	18.79	18.83	18.68	18.85	19.14	19.40	19.64
Prepaid	23.62	24.53	16.15	13.60	13.62	13.53	13.65	13.85	14.03	14.19
Postpaid	89.89	93.20	80.76	67.99	69.49	69.05	70.21	71.82	73.33	74.77

2.13. Conclusiones:

Antes de decidir cualquier inversión los participantes del mercado celular (operadores, proveedores, etc.) deben analizar hacia donde se dirige la tecnología cual de ellas será seleccionada por la mayoría de los operadores, porque se produce esta tendencia, como influenciará esta decisión el mercado, etc. Veamos un ejemplo: El operador VIVO de Brasil, utilizaba en su red la tecnología CDMA. Después de la compra de VIVO por Telefónica, todavía los directivos siguieron aprobando

expansiones y actualizaciones a la red utilizando la misma tecnología. Si ellos hubieran analizado la tendencia del mercado (la tendencia en Latinoamérica fue dirigirse hacia la tecnología GSM) y sus indicadores, podrían haber decidido no hacer estas inversiones millonarias y realizar el cambio hacia la tecnología GSM.

Estas tablas proporcionan información acerca del número potencial de usuarios, del tipo de usuarios, de la tecnología más utilizada, de los competidores, de los tipos de programas de pago, prepago, pospago, etc.

De esta manera sabrían que si América Móvil y Europa decidieron por GSM, ellos tendrían que haber hecho lo mismo para poder competir en las mismas condiciones.

Un factor muy importante de competición es el costo del teléfono celular. En este momento el costo de un teléfono celular GSM cuesta aprox. 40% menos que el de CDMA. Esta diferencia se debe a la cantidad de usuarios existentes provocará un mayor desarrollo de la tecnología y el factor volumen de usuarios forzará una reducción de costos.

Supongamos que AMX compra 6 millones de teléfonos GSM cada año, y si suponemos que su costo es de 200 dólares americanos y si el costo de un teléfono CDMA es de 260 dólares, podemos darnos cuenta fácilmente, la razón de la decisión de migrar la red de CDMA (infraestructura) hacia GSM. Ellos tendrían un ahorro de más de 300 millones de Dólares que pueden ser utilizados en la expansión de la infraestructura o en el mejoramiento de sus servicios al cliente. Como puede verse las decisiones de inversión no son basadas solamente en escoger la mejor tecnología, sino en la influencia de los factores existentes y futuros del mercado.

Capítulo 3
Red de Acceso Múltiple por División de Frecuencia
FDMA

3.	INTRODUCCIÓN	45
3.1	Estaciones Móviles (Mobile Stations)	46
3.2	Interfase de Aire	47
3.3	Estación Base de Radio (Radio base Station, RBS)	47
3.4	Componentes principales de las estaciones base de radio analógica	47
3.4.1	Configuración de la RBS	48
3.4.2	Antenas	48
3.4.3	Controlador de Radio (BSC)	48
3.4.4	Componentes de Radio	49
3.5	Interconexión Estación Base-Central Celular (base Station-Mobile Switching Center, BS-MSC)	51
3.6	Central Telefónica Celular (MSC, Mobile Switching Center)	52
3.6.1	Número total de puertos.	52
3.6.2	Puertos de salida y de entrada	53
3.6.3	Intentos de llamada durante la hora pico (Busy Hour Call Attempts)	53
3.6.4	Interfases de entrada y salida	53
3.6.5	Controladores	54
3.6.6	Roaming	55
3.6.7	Periféricos	55
3.6.8	Cinta de sistema (System Tape)	55
3.6.9	Cinta de estadísticas	56
3.6.10	Enlaces a la Red Pública (PSTN Links)	56
3.6.11	Sistema de Telefonía Móvil (MTS)	57
3.6.12	Features Disponibles en el Switch	57
3.6.13	Interconexión entre la MSC y La red Pública	57
3.6.14	Sistema de tarificación (Billing System)	58

3.6.15 Alarmas	58
3.6.16 Enrutamiento, (Routing)	58
3.6.17 Llamadas Móvil-Fijo (Mobile-land, M-L) y Fijo-Móvil (land-Mobile, L-M)	59
3.6.18 Handoff	59
3.6.19 Llamadas exitosas	59
3.6.20 Operaciones entre switches.	60
3.6.21 Estándar IS-41 para efectuar Handoff.	60
3.6.22 Desconexión	62
3.6.23 Llamadas locales sin cargo	62
3.6.24 Enlaces del switch hacia las estaciones base	63
3.7 Señalización	64
3.7.1 Señalización de bucle (DC Loop Signaling)	65
3.7.2 Señalización R1	65
3.7.3 Señalización R2	65
3.7.4 Señalización de canal común (CCITT No.7)	66
3.7.5 Interfases entre switches	66
3.8 Sincronización	67
3.9 Redes inteligentes	67
3.10 Ingeniería Celular Analógica, AMPS	70
3.10.1 Ingeniería de RF	70
3.10.2 Interfase Area.	72
3.10.3 Distribución del espectro disponible AMPS.	72
3.10.4 Elementos del sistema AMPS	75
3.10.5 Método de acceso y tipo Modulación	76
3.10.6 El método de acceso se conoce como Acceso Múltiple por División de frecuencia (frequency division multiple Access FDMA).	76
3.10.7 Estación Móvil (MS, Mobile Station)	77

3.10.8 Código de identificación de sistema (SID, System Identification) -----	78
3.10.9 Sensibilidad del Receptor (Receiver Sensitivity) -----	78
3.10.10 Relación Señal a Ruido (S/N) -----	78
3.10.11 Handoff -----	78
3.10.12 Handoff entre Sistemas (Intersystem Handoff) -----	80
3.10.13 Roaming -----	80
3.11 Desvanecimiento por Multitrayectoria -----	81
3.11.1 Esparcimiento por Retardo (Delay Spread) -----	82
3.11.2 Desvanecimiento de Raleigh (Raleigh Fading) -----	83
3.11.3 Corrimiento por Efecto Doppler (Doppler Shifts) -----	83
3.12 Interferencia -----	84
3.12.1 Interferencia por canal adyacente -----	84
3.12.2 Interferencia cocanal -----	84
3.13 Conclusiones -----	85

3. Introducción

En general se puede decir que un sistema celular es analógico cuando la fuente de información, la voz, es utilizada sin más procesamiento que el filtrado, para modular a la portadora, a fin de que esta pueda ser transmitida por los canales de RF asignados a cada sistema. Los sistemas celulares analógicos utilizan como método de acceso la técnica FDMA, por lo cual es común establecer que un sistema FDMA es analógico.

En esta tecnología, el principal representante es AMPS (Advanced Mobile Phone Service).

En la tabla de la figura 3.1 se consignan sus principales características técnicas.

Relacionados al Sistema	
Numero de canales duplex:	2 grupos de 416
Radio de cobertura de las celdas	2-50 Km
Rango de frecuencias	MS-BS (824-849 MHz) BS-MS (869-894 MHz)
Espaciamiento entre canales	30 KHz
Método de acceso	FDMA/FDD
Transmisión de voz	FM
Señalización de datos	FSK a 10 kbps
Capacidad de Número de Celdas	50 Típico
Máxima Potencia Radiada BS	100 W /canal
Separación entre canales Tx y Rx	45 MHz
Sistema de comunicación	
Calidad de voz	Similar a la telefonía convencional
Procesamiento de voz	Compansor silábico 2:1
Grado de servicio GOS (probabilidad de bloqueo)	0.02
Unidad Móvil	
Potencia de Tx	1-3 Watts (nominal)
Control de Potencia	10 pasos de 4 dB de atenuación para cada uno
Sensibilidad Rx	-116 dBm

Fig. 3.1, Características del sistema AMPS

El sistema AMPS fue introducido en los años 70 en los EEUU, por lo que se le conoce como Sistema Americano y fue adoptado por muchos países entre los que se encuentran Canadá, Costa Rica, El Salvador, EEUU, Filipinas, Guatemala, México, R. Dominicana, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Perú, Venezuela, Zaire, Australia, Nueva Zelanda, Brunei, Islas Caimán, Hong Kong, Indonesia, Israel, Pakistán, Samoa, Singapur, Taiwán, Tailandia, etc. En México fue utilizado por Telcel y Iusacell, que fueron los primeros operadores celulares del país; actualmente representa menos del 10% de la infraestructura instalada en operación. De la tabla anterior, podemos resumir que sus principales características son: ancho de banda mayor que el de la voz, baja eficiencia en el uso del espectro, presencia de intermodulación en el sitio y limitado número de canales por sitio.

La figura 3.2 muestra los principales elementos del sistema AMPS, analógico, los cuales describiremos brevemente.

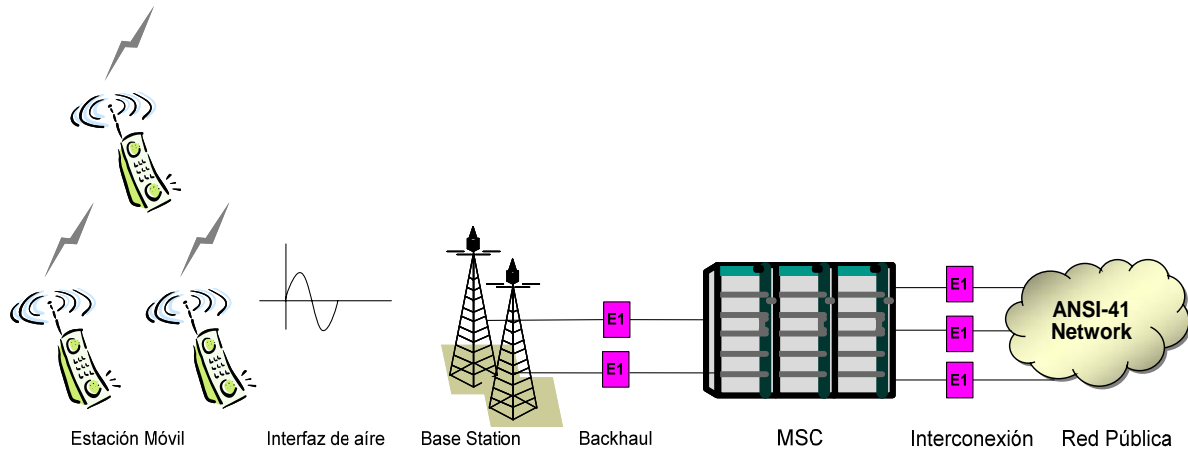


Figura 3.2 Elementos del sistema AMPS

3.1 Estaciones Móviles (Mobile Stations)

Las estaciones móviles analógicas (los celulares), son de gran tamaño, tienen gran consumo de energía, por lo que la batería necesita ser recargada aproximadamente cada 2 horas. Su potencia de emisión es de 0.6 Watts. Su alcance hacia la estación base es de aproximadamente 25 Km. En caso de ser necesario tener más alcance se necesita colocar un LNA (low noise amplifier) en la estación base para incrementar la sensibilidad del sistema. La mayoría de los teléfonos celulares actuales todavía tienen capacidad analógica.

3.2 Interfase de Aire

Para establecer una llamada, el MS (movil station) requiere de un canal de Tx y otro de Rx. En AMPS se definen canales de RF de un ancho de banda de 30 kHz, por lo que un canal dúplex (Tx y Rx) ocupa 60 KHz. del espectro disponible para el sistema. Sobre estos canales se realizan las funciones de señalización y control entre las estaciones base y las estaciones móviles. En cuanto a la voz, en el sistema AMPS, los canales se definen dentro del espectro de idéntica manera que los canales de control. FDMA es el método de acceso, FM es el método de modulación y en el procesamiento de la voz se utiliza un compansor silábico

3.3 Estación Base de Radio (Radio base Station, RBS)

La estación base de radio es la interfase entre la MS y el switch celular (MSC) del que se hablará más adelante; esta se encarga de proporcionar servicio a los usuarios que se encuentran dentro de su área de cobertura.

Las estaciones base de radio son concentradores de radio que sirven a una gran cantidad de usuarios con unos cuantos canales; típicamente 203 usuarios son manejados por cada canal

3.4 Componentes principales de las estaciones base de radio analógica

La RBS es una construcción modular cuyos componentes se aprecian en la figura 3.3.

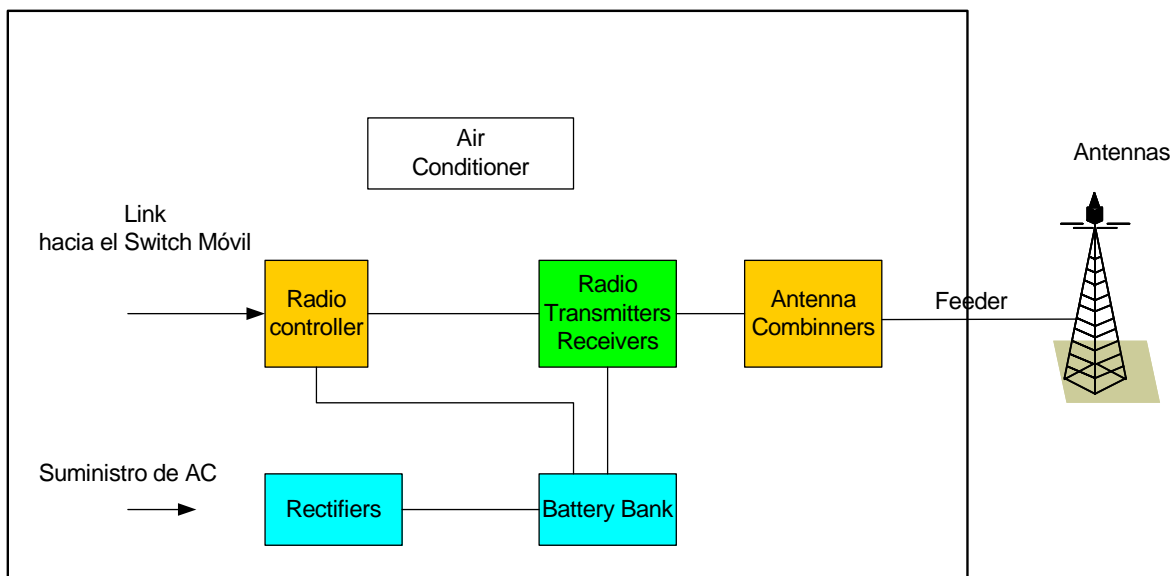


Figura 3.3 Diagrama típico de una estación base de radio

3.4.1 Configuración de la RBS

Las RBS analógicas con una configuración típica de tres sectores, normalmente constan de hasta 6 bastidores de radio, donde cada sector tendrá dos bastidores de radio, cada uno con capacidad de 8 canales, de los cuales uno de ellos será utilizado como canal de control, de tal manera que se tendrán un total de 15 canales de voz mas un canal de control para cada sector; por lo tanto, una estación de radio de mediana capacidad tendría aproximadamente 45 canales de voz y 3 canales de control. En el caso de una configuración omni-direccional, el número de canales de control se reduce a uno.

El equipo de radio se encarga de: la modulación y la demodulación de las señales de RF transmitidas y recibidas, la codificación y adaptación de velocidad de las señales de control, la transmisión de la información para la sincronización y las mediciones de intensidad de RF realizadas sobre los canales.

3.4.2 Antenas

Por el tipo de patrón de radiación, las antenas pueden ser omni-direccionales o uni-direccionales. Una antena omni-direccional consta de un cierto número de dipolos cuya interconexión requiere del uso de dispositivos divisores de potencia y de redes de ajuste de fase.

Las antenas unidireccionales usualmente tienen una ganancia de 14 a 18 dB que es más alta que las omnidireccionales ya que además de concentrar su potencia en ángulos pequeños, utilizan pantallas reflectoras en la parte posterior.

El sistema radiante para una estación base sectorial consta de 9 antenas, de las cuales tres son de transmisión (Tx) y seis son de recepción (Rx). Dependiendo del diseño de ingeniería la ganancia de estas antenas puede ser entre 12 y 18 dB. Su rango de frecuencia está entre los 820 y los 890 MHz.

3.4.3 Controlador de Radio (BSC)

Es la interfase entre el Switch Móvil y la RBS, y opera similarmente como un concentrador remoto de abonados fijos. Bajo el control del Switch Móvil, el controlador de radio realiza la selección de los canales de radio, y supervisa los parámetros del sistema incluyendo alarmas e intensidad de campo del radio. El acceso hacia la estación de radio, hacia los canales o para realizar funciones de mantenimiento se realiza a través de módems colocados dentro las estaciones base.

3.4.4 Componentes de Radio

Canales de Radiofrecuencia (RF)

Un canal de radio es un trayecto de transmisión bi-direccional por radiofrecuencia entre la estación móvil (MS, mobile station) y la RBS.

Cada canal utiliza dos frecuencias distintas, una para Tx (MS-BS) y otra para Rx (BS-MS)

Este canal se denomina duplex. La separación entre las frecuencias que constituyen un canal duplex es de 45 MHz y el ancho de banda de cada una de las frecuencias es de 30 kHz. A cada canal de RF le corresponde un canal de radio (HW/SW) localizado dentro de la estación base. Existen dos tipos de canales de RF, canales de voz (VC Voice Channels) y canales de control (Control Channels, CC)

Canales de voz

Durante establecimiento de una llamada (call setup) un canal de voz (VC) será seleccionado por la MSC (Central Telefónica Celular) y asignado a un usuario durante el tiempo de llamada.

La MSC se encarga de administrar todos los canales de las diferentes celdas del sistema, almacenando la lista de canales por celda así como su estado de trabajo; por ejemplo: libre, bloqueado, ocupado, en prueba, etc.

La MSC ordena a BS apagar o encender las unidades de radio de acuerdo al estado de trabajo de los canales.

Además de la voz, se puede enviar la siguiente información sobre el canal de voz: tono de audio para supervisión (SAT supervisory Audio Tone), tono de señalización (ST, Signalling Tone) y datos (FVC, Forward Voice Channel y RVC reverse Voice Channel)

Canales de control

Se cuenta con un solo canal de control en una celda omni-direccional y con tres canales de control en caso de una celda de tres sectores.

La información de señalización hacia y desde la MSC viaja por este canal. El canal de control es una unidad de canal equipada para transmitir y recibir información en el canal de radiofrecuencia asignado. Su velocidad es de 10 Kbps. En el sentido de transmisión estación base-estación móvil, BS-MS el canal de control se conoce como canal de control hacia adelante FOCC (Forward Channel Control) y en el sentido opuesto, estación móvil-estación base, MS-BS, se le denomina Canal de control hacia Atrás RECC (Reverse Control Channel). Existen 21 canales de control en cada una de las bandas de frecuencia (A/B) localizadas en el espectro asignado a telefonía celular analógica.

Cuando se esta localizando un abonado (paging), se transmiten mensajes sobre el FOCC con el número de identificación del móvil (Mobile Identification Number MIN) que se desea localizar. El RECC es compartido por todas las estaciones que se encuentran en la misma celda y su acceso esta controlado por un mecanismo de

contención el cual permite que solo una estación móvil a la vez, pueda acceder dicho canal

Debido a que todas las estaciones móviles de una misma celda comparten el canal de control en el sentido MS-BS, se cuenta con un procedimiento de contención que permita que solo una estación móvil (MS) a la vez pueda utilizar dicho canal.

En el sentido hacia delante (FOrward Control Channel) se envía constantemente el estado de libre/ ocupado del canal de control, esta señal es un grupo continuo de bits intercalados entre los bits del canal FOCC y ocurren cada 1.1 mseg aproximadamente. En caso de que una estación requiera transmitir y encuentre la señal de ocupado deberá esperar un tiempo aleatorio entre 0 y 200 mseg. para volver a intentarlo. Este tiempo aleatorio también puede ser activado por otra estación y precisamente el hecho de que sea aleatorio hace que existan posibilidades para ambos de transmitir en diferentes tiempos.

Cuando una estación móvil se encuentra en el modo libre (idle), permanece sintonizada al canal de control de la celda explorando el tren de datos, sin embargo, si la estación está moviéndose y empieza a perder la conexión con el canal de control original, deberá sintonizarse a un nuevo canal que aparezca en la trama de datos.

Recepción con Diversidad

En la mayoría de los sistemas celulares se utiliza la recepción en diversidad, esto significa que son utilizadas 2 antenas en cada receptor, el cual contiene 2 entradas de RF y un combinador de diversidad. Las antenas deben estar separadas de 3 a 4 metros mínimo, de tal manera que las señales recibidas no sean co-relacionadas. De esta forma, cuando una antena reciba un “desvanecimiento de multi trayectoria” (multipath fade) la otra antena muy probablemente no lo recibirá.

Existen dos tipos de diversidad en recepción (diversity receivers): diversidad en la recepción por combinación “diversity Combining Receiver” y diversidad en la recepción conmutada “Switched Diversity Receiver”. La primera alinea las fases de las señales entrantes y las suma mientras que la segunda selecciona la mejor de las dos señales entrantes y conmuta hacia ella. Una ganancia de 6 dB se obtiene en el primer caso y una ganancia de 3 dB en el segundo. Las figuras 3.4 y 3.5 muestran estas configuraciones.

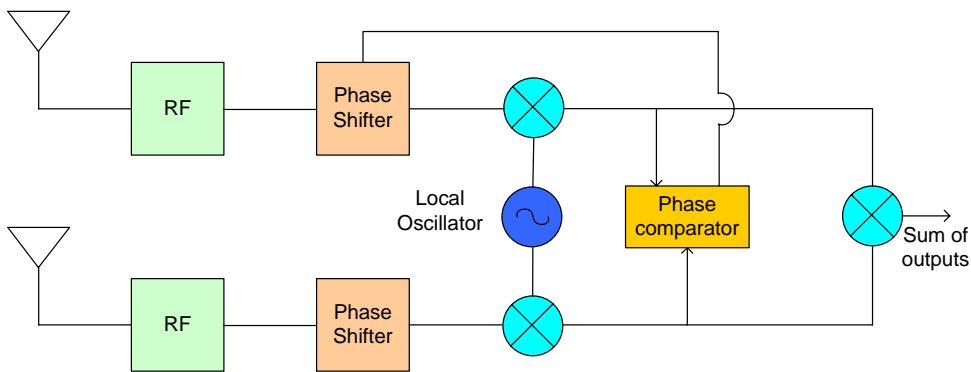


Figura 3.4 Diversidad combinada en el receptor, (combining receiver)

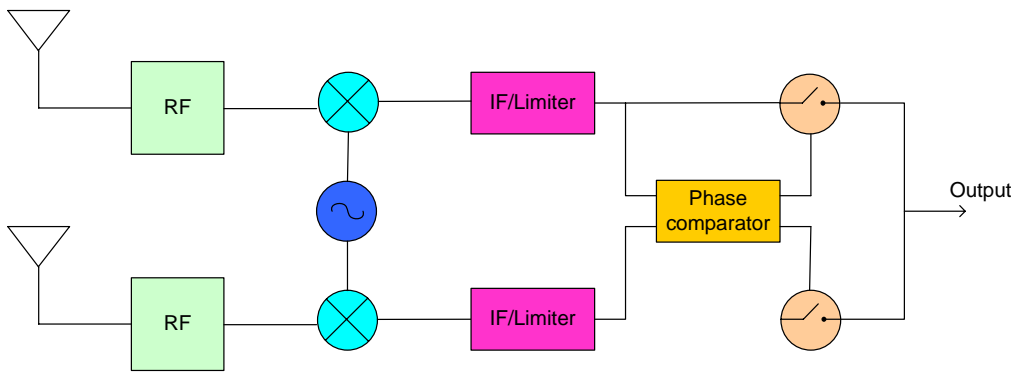


Figura 3.5 Diversidad conmutada (Switched selection diversity)

3.5 Interconexión Estación Base-Central Celular (base Station-Mobile Switching Center, BS-MSC)

La interconexión entre la base de radio (RBS) y el switch celular (MSC) se realiza por medio de pequeños radios de microondas trabajando en 15, 18 o 23 GHz. La tecnología PDH es el estándar utilizado en México. La capacidad típica de estos enlaces de radio es de 4 E1's.

Para cada canal de voz se requiere un "time slot" de la trama de un E1; ésta es una gran desventaja ya que es bastante costosa la renta de cada E1. Muchos de los operadores han acudido a métodos de compresión para reducir estos altos costos de transporte.

Las conexiones entre las estaciones de radio y el Switch celular o entre este y la red pública (PSTN) son parte esencial de la red.

Los operadores celulares usualmente obtienen de los operadores de telefonía fija los medios de transmisión como son fibra óptica, microondas, o líneas rentadas. A menudo una combinación de estas opciones es la mejor solución.

3.6 Central Telefónica Celular (MSC, Mobile Switching Center)

Un Switch celular (central telefónica celular) puede compararse con un Switch fijo, el cual ejecuta un gran número de funciones que no son de conmutación. Un Switch celular es considerado un sistema de programa almacenado, (SPC. System Program Controlled).

El Switch establece las conexiones entre las estaciones base y el resto de la red telefónica.

En sistemas celulares el Switch es considerado un “non blocking” Switch, esto significa que por cada entrada tiene una trayectoria de salida, algunos switches están limitados en este aspecto, lo cual significa que cada entrada tiene un número limitado de rutas, para un determinado número de circuitos de salida. En la práctica esto indica que el Switch puede bloquear una llamada aunque haya circuitos de salida disponibles debido a que todas las rutas internas están ocupadas. Un Switch celular esta caracterizado por los siguientes parámetros básicos:

Numero total de puertos

Número total de puertos de PCM

BHCA Intentos de llamada durante la hora de pico o de máxima ocupación (Busy Hour Call Attempts)

Erlangs

Etc.

3.6.1 Número total de puertos.

Este número es la suma de entradas y salidas hacia la red publica de conmutación (PSTN), hacia las estaciones de radio o hacia equipo periférico tales como grabadoras de mensajes, conmutadores, etc.). Estas entradas/salidas son en múltiplos de 24 o 30 canales dependiendo de que se utilicen E1's o T1's (PDH)

Hay que notar que los switches usados en los enlaces digitales hacia las estaciones base consumen capacidad basada en función del tamaño del enlace más que en el uso de los canales. En nuestro caso un E1, con una tasa de transmisión de 2.048 Mbps, permite un enlace de 32 canales (30 de voz y dos de control); por lo que requiere 30 puertos no importando el número de canales activos. La figura 3.6 muestra el uso de equipo Multiplexor (MUX) para ahorrar puertos de entrada. El enlace entre el Switch y la BS debe ser menor que 250 mts (cable coaxial) a menos que se utilicen etapas repetidoras.

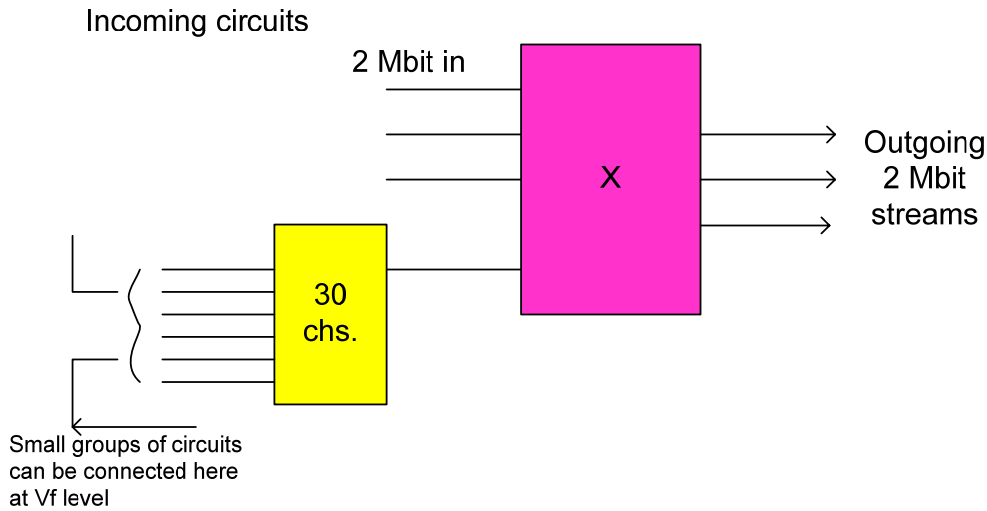


Figura 3.6 Conexión a nivel de frecuencia de voz

3.6.2 Puertos de salida y de entrada

El número total de puertos PCM en el switch debe ser igual a la suma total de los puertos hacia:

Red pública

Estaciones de Radio

Equipos periféricos (VM, PBAX, Máquina prepago, etc.)

Otros switches móviles

Etc.

3.6.3 Intentos de llamada durante la hora pico (Busy Hour Call Attempts)

Varían desde 1000 hasta 100,000. BHCA e indican el máximo número de intentos de llamada que pueden ser manejado durante la hora pico (busy hour). Este máximo muestra el poder de procesamiento del Switch y por medio de este parámetro se puede dimensionar el número de usuarios que pueden ser conectados al Switch.

3.6.4 Interfases de entrada y salida

Las interfases de entrada y salida conectan al Switch con el mundo exterior y suministran al switch la señalización y las conversiones de señalización de tal manera que el Switch se pueda comunicar con otros switches. La señalización entre el Switch y la red pública (PSTN) puede tomar muchas formas; estas son las más usuales:

Dial pulses

MF (Multifrequency)

MFC R2 Multifrecuencia Obligada, (Multifrequency compelled)

DTMF (Dual Tone Multifrequency)

Señalización No. 7, CCITT System No 7

Señalización, R1, MFP

Para hacer esto aún más complicado, los estándares de señalización de los sistemas pueden tener muchas variantes y es usual que la señalización en el Switch celular deba ser compatible con el estándar de señalización de la red pública local. Esto usualmente involucra un considerable costo de modificación de software.

Algunos de los principales elementos, parámetros y funciones de un switch celular son listados a continuación:

- Circuitos bi-direccionales (troncales bi-direccionales)
- Circuitos uni-direccionales (Troncales de entrada/salida)
- Número total de grupos de troncales
- Máximo número de troncales en un grupo
- Grupos de celdas (RF)
- Canales de radio en cada celda
- Enlaces de datos entre sistemas (Intersystem data enlaces)
- Impresoras, (Teleprinters)
- Unidades de cinta magnética (Tape decks)
- Grabadoras de voz, (Voice recordings)
- Conferencia tripartita (Three party conference lines)
- Receptores y emisores de tonos (Tone receivers)
- Intentos de llamada en la hora pico (BHCA, Busy Hour Call Attempts)
- Erlangs
- Etc.

Puede haber limitaciones inherentes al número de salidas disponible para cada una de las funciones. Estas limitaciones usualmente no presentan problemas pero si restringen las configuraciones de plena carga del Switch.

3.6.5 Controladores

Los controladores consisten de procesadores, memoria, software (SW), hardware (HW) que habilitan al Switch a ejecutar las funciones requeridas. El procesador en un Switch normalmente controla muchas funciones aparte de las funciones de conmutación, tales como: diagnóstico, almacenamiento de records de facturación y monitoreo de alarmas.

Se debe notar que aunque el Switch almacena los archivos de facturación (billing record), él no los puede procesar, por lo que usualmente estos records son transferidos a cintas y son procesados utilizando equipos externos.

3.6.6 Roaming

Para roaming automático, es necesario que los switches se comuniquen entre ellos e intercambien información. Este intercambio es usualmente hecho con un enlace digital dedicado que une ambos switches, con la posibilidad de interconectar todos contra todos. Para el caso del sistema de tecnología AMPS, IS-41 es el estándar utilizado.

3.6.7 Periféricos

Son equipos asociados con el Switch celular y bajo control de la CPU del Switch. Este equipo incluye un sistema de estadísticas y unidades de tarificación, enlaces hacia la red pública (PSTN), conmutadores (PABX, opcional) y otros dispositivos que serán descritos más adelante.

3.6.8 Cinta de sistema (System Tape)

La cinta de sistema contiene el SW del sistema y los parámetros que habilitarán a la red celular a operar en su configuración normal. Todos los cambios de configuración o soluciones a problemas de SW serán efectuados través de parches de SW (actualizaciones), estos parches serán colocados en una cinta, la cual se cargará en el switch para actualizar la configuración o solucionar los problemas. La cinta de sistema contiene detalles de los files de usuario y de los files de sistema. El file correspondiente a los usuarios puede variar desde unos pocos cientos hasta 200,000. Los files de usuarios contienen datos operacionales y se encuentran localizados en las memorias del procesador. Los principales parámetros pueden ser:

- Area Local (Home area)
- Estatus del servicio (Service status)
- Número de serie (Serial number)
- Clase de servicio (Class of service)
- Ultima localización conocida (Last known location)
- Transferencia de llamada cuando no contestan (Call forwarding and not answer transfer information)
- Etc.

Cuando la información de abonado es actualizada, esta se agrega de inmediato a la base de datos de abonado local (HLR interno, Home Location Register), y solo en el caso de que una llamada se encuentre en progreso se retrasa temporalmente.

Los datos de actualización del abonado son cargados también en la cinta de sistema.

Los datos de sistema son alimentados por medio de una terminal.

La cinta de sistema contiene la siguiente información.

- Información de las rutas en todas las troncales

- Parámetros de las celdas, muchos de los cuales son cargados por medio del switch hacia las celdas.
- Numero de celda, canales y direcciones de los canales
- Información de Handoff (celdas vecinas y llamadas direct retry)
- Configuración de HW, incluyendo el equipo periférico y el equipo interno
- Parámetros del sistema
- Etc.

Esta información puede ser cambiada en tiempo real desde una terminal.

3.6.9 Cinta de estadísticas

La cinta de estadística almacena los detalles acerca del funcionamiento del sistema e incluye las estadísticas del sistema, las estadísticas de tráfico y equipo, las estadísticas de los abonados.

La cinta de estadística almacena los records de:

Sistema fuera de servicio (system outages)

Canales fuera de servicio (channel outages)

Bloqueo de canales (Channel blocking)

Congestion (Congestion)

Uso de canales (Channel usage)

Handoffs

Intentos de llamada (Call attemps)

Llamadas completadas (Call completions), (cellular and land line)

Tráfico y tiempo de uso (Traffic and call holding times)

Estos datos son utilizados por el operador celular para tomar las acciones correspondientes de O&M o las de ingeniería para planear las futuras expansiones del sistema. También se tienen las cintas de facturación (billing) donde se guardan los records con el detalle de las llamadas (CDR's Call Detail Records) que son los que se utilizan para la facturación, estas cintas deben ser guardadas al menos durante tres meses como respaldo.

3.6.10 Enlaces a la Red Pública (PSTN Links)

Son usualmente circuitos digitales de 24 o 30 canales de tráfico unidireccional. Son canales entrantes o salientes, aunque también son permitidos los de tipo bi-direccional.

Típicamente el porcentaje de tráfico es 70% saliente y 30 % entrante, dependiendo de la localidad (ver ahora el fenómeno del que llama paga).

El sistema celular debe ser diseñado para ser compatible con la red pública (PSTN), por lo que la señalización debe cumplir con el mismo estándar. Los formatos mas

comunes son R2 (cada país tiene una versión modificada) y el sistema de señalización No 7 CCITT.

El suministrador del equipo debe considerar el tipo de sistema de señalización utilizado en la red local pública PSTN de tal manera que el SW y el HW sean diseñados de acuerdo a los estándares particulares del mercado.

3.6.11 Sistema de Telefonía Móvil (MTS)

Incluido dentro de la MSC se encuentra la parte móvil del Switch la cual será responsable de manejar la señalización y el tráfico de voz. Esta parte del Switch está conectada a las RBS por medio de enlaces E1, utilizando cualquiera de los medios de transmisión disponibles. Cada RBS tendrá un enlace de señalización vía modem hacia el Switch, utilizando uno de los canales del E1

Lo normal es que cada canal de voz requiere una ranura de tiempo del E1, a menos que el operador inserte equipo de compresión para hacer más eficiente el transporte entre la central celular y la estación base (Backhaul) Los compresores comerciales pueden insertar 2, 4 y hasta 8 canales de voz en el time slot correspondiente a un solo canal del E1, con la correspondiente disminución de la calidad de la señal de voz.

3.6.12 Features Disponibles en el Switch

- Llamada en conferencia
- Transferencia cuando no hay respuesta
- Transferencia cuando esta ocupado

3.6.13 Interconexión entre la MSC y La red Pública

La interconexión se realiza normalmente hacia varios de los nodos de la red pública; generalmente se utilizan desde E1 hasta E4 dependiendo del tráfico.

Todos estos sistemas están basados en tecnología de jerarquía digital pleosíncrona (PDH Pleosynchronous Digital Hierarchy). En los sistemas de primer orden la interconexión se realiza por medio de par físico o cable coaxial o pequeños sistemas de microondas. Para los sistemas de cuarto orden la interconexión se realiza por medio de cable coaxial o fibra óptica.

La interconexión entre las centrales móviles y las de la red pública pueden ser hacia centrales locales o hacia centrales de larga distancia;

Files de roamers (Roamers Files)

Contienen los bloques de información de validación de los abonados visitantes a quienes les es permitido el acceso y un bloque de información "Negative file" de usuarios a los cuales no les es permitido el acceso (por ejemplo, unidades robadas, o deudoras).

3.6.14 Sistema de tarificación (Billing System)

Es una entidad separada del Switch, y puede no tener conexión física con él, porque la facturación puede ser hecha procesando las cintas de facturación en un sitio remoto fuera de línea.

Para realizar la facturación en tiempo real (facturación disponible instantáneamente cuando es requerida) es necesario tener una interfase de datos entre la computadora de facturación y el Switch. La mayoría de los sistemas de facturación tienen capacidad limitada de facturación en tiempo real, así que la facturación en tiempo real es usualmente reservada para sub-grupos o abonados especiales (abonados con renta por periodos cortos).

El D-AMPS de facturación puede ser RS-232 y de la misma manera que otros estándares en el mundo tiene muchas formas no estándar. Así que el tipo de RS 232 debe ser validado por el suministrador del Switch. El RS 232 es un estándar EIA-232D (1987) el cual cumple con CCITT V.24 y V.28 y el ISO 2110.

El sistema de facturación puede o no tener un sistema de administración de información integral, que acceda al sistema y analice sus funciones, tales como uso de los canales, canales fuera de servicio (outages), tráfico y otros aspectos del sistema.

El Sistema de administración de información (MIS, Management Information System) puede ser interactivo, puede manejar comandos u órdenes de validación de abonados en el sistema y estas ordenes pueden ser enviadas desde el computador de facturación del sistema MIS. Los sistemas de facturación tienen un cierto número de terminales que operan simultáneamente de manera remota a través del computador Host.

3.6.15 Alarmas

Todas las alarmas locales del sistema y las provenientes de las estaciones de radio son reportadas al switch celular. A menudo las facilidades del Switch permiten acceso remoto a las alarmas para permitir monitoreo remoto, y algunos sistemas también tienen acceso remoto a las estaciones base. Las alarmas son clasificadas como alarmas mayores y menores. También las alarmas son clasificadas dependiendo de la severidad de la afectación del servicio. Por ejemplo en una ciudad grande la caída de una radio base puede no ser de gravedad pero en una ciudad pequeña, donde solo existe una de ellas, puede ser un problema mayor.

3.6.16 Enrutamiento, (Routing)

Los dígitos marcados pueden ser prefijados para asegurar el enrutamiento correcto. Rutas alternas pueden ser especificadas para varios grupos de troncales, habilitando la

selección de la ruta más económica. Esto es particularmente importante cuando el switch opera en zonas de la red pública con alto tráfico.

3.6.17 Llamadas Móvil-Fijo (Mobile-land, M-L) y Fijo-Móvil (land-Mobile, L-M)

Para llamadas entrantes (desde la red pública fija al abonado móvil) los dígitos más significantes del abonado llamado deben ser comunicados a los circuitos de control, por ejemplo si el número es OAB-CDEFGH y OAB significa un abonado móvil solamente los últimos 6 dígitos son requeridos. El Switch móvil es entonces estructurado como una etapa de grupos de conmutación.

3.6.18 Handoff

Handoff involucra la conmutación de la llamada de un canal de una celda hacia otro canal de la misma celda o de otra celda. El procedimiento es complejo y a veces resulta en un cierto número de llamadas perdidas en el Switch. Típicamente los promedios de éxito de handoff son cercanos al 98%.

El handoff es iniciado por la estación base cuando el canal de monitoreo detecta baja la proporción de señal a ruido (SNR), bajo nivel de potencia de la señal de RF o la señal de audio-tono (Signal Audio-Tone SAT) no corresponde a la esperada.

3.6.19 Llamadas exitosas

En todos los sistemas de conmutación, muchos de los intentos de llamada no resultan en llamadas completadas. El abonado llamado está ocupado o no puede atender, son las causas principales de las llamadas no completadas; también puede ser a causa de fallas del sistema. En un Switch celular las llamadas completadas típicas pueden ser distribuidas como sigue:

30% L-M

65% M-L

5% M-M

Estos casos de llamada tienen un promedio de éxito de:

50% llamadas fijo a móvil (L-M calls)

85% llamadas móvil-fijo (M-L calls)

50% Móvil-Móvil (M-M calls)

El bajo porcentaje de llamadas no completadas hacia las unidades móviles es debido principalmente a que los móviles estén momentáneamente abandonados, estén fuera de cobertura o estén apagados al momento de la llamada.

3.6.20 Operaciones entre switches.

Los primeros switches celulares fueron diseñados para operar como dispositivos individuales, pues no tenían capacidades de handoff entre switches o roaming. Esto significa que una vez que la capacidad del Switch se completaba, este tenía que ser reemplazado por uno más grande, ya que no había manera de desbordar tráfico hacia otras centrales.

Este problema fue pronto resuelto por los suministradores de sistemas celulares y pronto se desarrollaron grandes redes celulares en cada país, donde la implementación de estas redes fue basada en el uso de switches de un solo suministrador.

Se hicieron varios intentos de interconexión entre switches de diferente suministrador, para operar o coexistir. Un ejemplo de esto se hizo en Corea donde un operador colocó 30,000 líneas de equipo A&T en paralelo con igual cantidad de líneas de Motorola, la solución seleccionada fue utilizar un Switch para manejar solamente las llamadas originadas en la parte móvil y otro para las llamadas hacia las unidades móviles.

3.6.21 Estándar IS-41 para efectuar Handoff.

Es un “interim Standard” para handoff entre sistemas desarrollado por la “TIA TR 45.2 committe”, viene en dos versiones IS-42-0 el cual permite handoff entre switches y pre-validación (validación de la llamada antes de establecerla) e IS-41-A el cual adicionalmente suministra entrega de llamadas (call delivery), transferencia de datos de abonado (subscriber data Transfer), validación de roamers (roamer validation), y registro. Posteriormente apareció el IS-41-B Es importante notar que aunque IS-41-B fue desarrollado basándose en IS-41-A, los dos sistemas no son compatibles. Uno de los principales features de IS-41-A, es que utiliza señalización No. 7 y que puede ser conectado a la red inteligente de señalización.

El IS-41-B tomó en consideración modos duales de operación, optimización de trayectoria, handoff más rápido, features de conferencia y otras mejoras.

La optimización de trayectoria (path optimization) de la rev. B fue extremadamente necesaria como una versión preliminar que permitía realizar handoff múltiples entre switches y ocurre porque cada handoff requiere el establecimiento temporal de un D-AMPS entre los dos switches. Este D-AMPS no es removido si un nuevo handoff es tomado, pero es sostenido como una conexión en serie dentro del nuevo proceso de handoff. De esta manera es posible para un roamer sostener los D-AMPSs entre los dos switches.

IS-41 Rev. C, ofrece autenticación y privacidad de voz. Se conecta a la red inteligente, la cual que estará vigilante para detectar posibles logs de fraude. También tendrá un D-AMPS con los sistemas de facturación y efectuará la transferencia de los datos de la llamada.

Cada nueva versión de IS-41 introduce nuevas facilidades y mejoras, aunque existe una preocupación ya que las diferentes versiones de IS-41 no son compatibles entre sí y aunque las versiones A y B se pueden comunicar, lo hacen solo parcialmente, lo cual produce la pérdida de ciertas funcionalidades. El uso universal del IS-41 reduce en una gran proporción la tasa alta de fraude.

IS-41 es el estándar que lleva a cabo la señalización entre los switches pertenecientes a su propia red y con switches de otras redes. Ver figura 3.7.

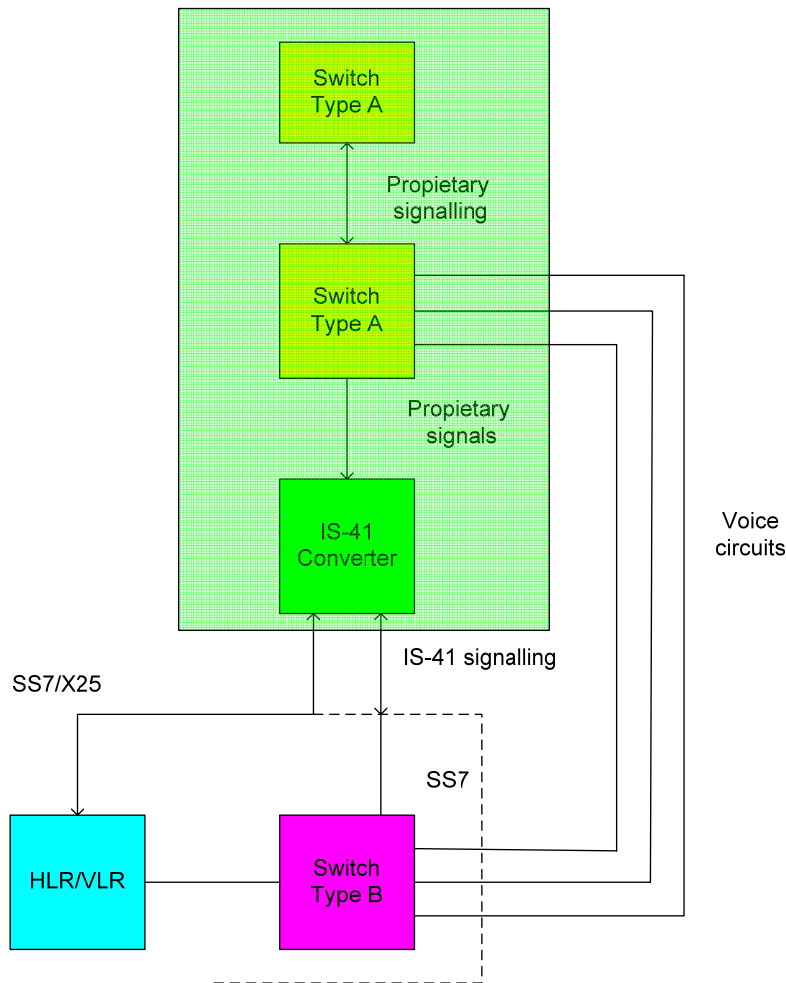


Figura 3.7 Convertidor de protocolos

Todas estas limitaciones pueden ser evitadas si la señalización por canal común SS7/C7 es utilizado para la señalizar entre switches. SS7/C7 habilita las comunicaciones directas entre switches a través de canales dedicados, de tal manera que la base de datos de los abonados puede ser directamente interrogada por un Switch remoto y la llamada puede ser enrutada a través de la red utilizando los switches de la red pública (PSTN), obteniendo con esto un roaming menos complejo. Aunque esto no significa que se este evitando (by-passing) el uso de los negative files.

Anteriormente la mayoría de los switches celulares se comunicaban a través del protocolo X.25 y aunque es muy efectivo para transferir datos, X.25 no permite la interacción que SS7 proporciona.

Aunque las máquinas de validación de roamers fuera de línea, “clearing house” en US suministraron validación a los roamers durante mucho tiempo, la ventaja del estándar IS-41 es que la validación es hecha en tiempo real; esto es, durante el establecimiento de la llamada; esto decrece la posibilidad del fraude en los roamers y proporciona al abonado un servicio más eficiente.

Para obtener un roaming sin problemas para el usuario dentro de una gran área, nacional o internacional, se debe alcanzar un estándar global en la red con respecto a:

- El plan de marcación
- La activación de features
- Los tonos y anuncios

3.6.22 Desconexión

Ocurre cuando cualquiera de las partes cuelga, pero la liberación también puede ser obtenida cuando la llamada es perdida, o si el abonado se mueve fuera de cobertura; por ejemplo, al entrar a un estacionamiento antes de concluir la llamada.

Debido a esto es posible utilizar un VOX (voice operated Switching) como un feature de ahorro de potencia. La sola pérdida de portadora no significa necesariamente que el móvil esté fuera de rango, por esta razón es necesario tener una instrucción de auditoría que instruya al transmisor de la estación móvil a permanecer “key-up”. Si falla en ejecutar esto entonces la llamada es desconectada.

3.6.23 Llamadas locales sin cargo

Muchas redes telefónicas fijas en el mundo tienen acceso local libre de cobro. Estos números normalmente tienen bloqueado el acceso hacia las troncales móviles por lo que no pueden acceder a los números móviles a menos que el sistema móvil tenga numeración local. En ambos casos a los números locales no se les puede aplicar ningún cobro por llamar a los teléfonos móviles. Este problema es usualmente solucionado agregando un PABX, con acceso permitido a los abonados locales quienes solicitan la llamada hacia un móvil a través de una operadora. Como se ilustra en la Fig. 3.8

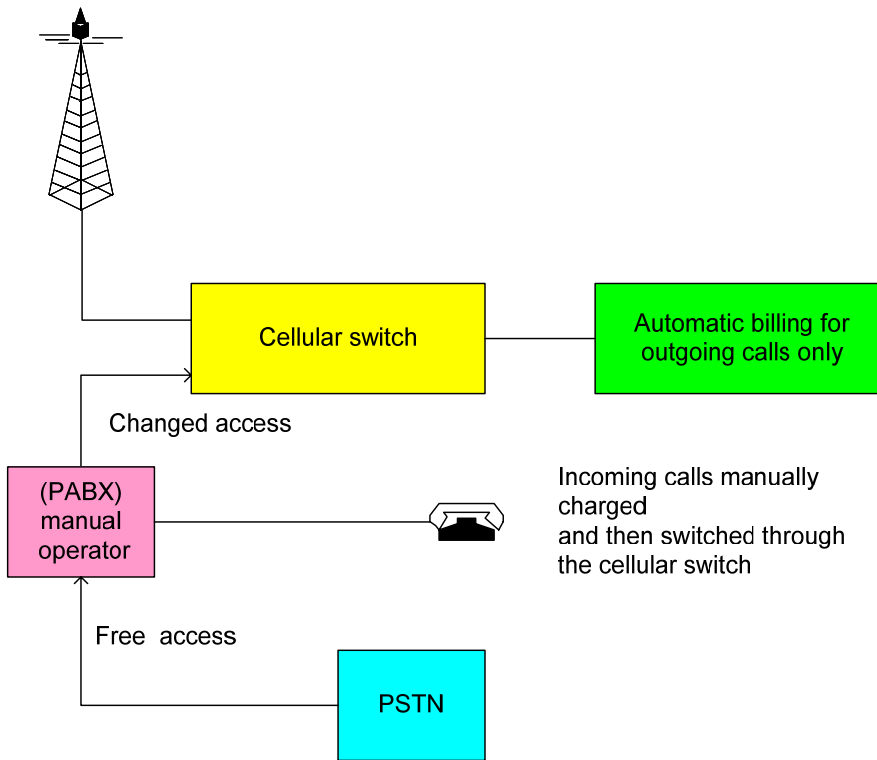


Figura 3.8 Conmutador, PABX

Debido a que este método es bastante difícil de manejar, se estableció una nueva categoría de abonados móviles los cuales pueden elegir opcionalmente el recibir llamadas desde números locales y pagar por la recepción de esta llamada (pagar por la llamada hecha por el abonado fijo)

Para permitir el acceso de abonados locales libres de pago, es necesario un código especial para redirigir la llamada dentro del switch móvil hacia un grupo especial de troncales donde se especificará como una llamada libre de cobro, y esta será redireccionala automáticamente hacia el switch móvil donde será conectada normalmente, excepto que se enviará un tono al abonado móvil que le indicará que la llamada que recibirá le será cobrada a él

3.6.24 Enlaces del switch hacia las estaciones base

En sistemas grandes con muchas estaciones base, será necesario tener un cierto número de nodos para las redes de microondas que convergen hacia el switch como se ve en la figura 19.35. Se debe hacer notar que en un esquema que enlaza todas las estaciones base directamente hacia el switch, usualmente se tienen problemas de espacio para colocar las parábolas de MW y también se producen severas limitaciones a las ubicaciones de los sitios celulares ya que para este caso particular ellos deberán tener línea de vista hacia el Switch. En todos los sistemas excepto los

muy pequeños, se utilizan nodos múltiples de enlaces en lugar de tener un único nodo de MW localizado en el Switch.

En sistemas grandes, la planeación de las redes de transmisión debe ser hecha considerando la optimización del re-uso de frecuencias de los enlaces de microondas. Esto significa que se debe identificar nodos adecuados, o sitios que tengan línea de vista hacia un grupo de estaciones base, diseñando un plan de asignación de frecuencias que maximice el re-uso. Se debe considerar tener redundancia en las rutas que soporten varias RBS.

3.7 Señalización

La señalización es el medio por el cual la información de los dígitos marcados, la condición de la línea y otra información de la red es transportada a través de la red. Los primeros sistemas de señalización fueron basados en pulsos de corriente directa. En 1950 fueron diseñados los sistemas de señalización basados en tonos inband y outband. Estos sistemas de señalización formaron las bases para los formatos de los sistemas de señalización modernos, aunque ahora son utilizados más ampliamente en su versión digital.

Actualmente la forma más común de señalización es la de canal común aunque la señalización por canal asociado es todavía muy usada. En señalización por canal común un canal en particular es dedicado a llevar la señalización de los canales dedicados a voz; esto permite que la conmutación ocurra a muy altas velocidades y esto significa que los canales de voz no están fijos a la señalización: El estándar E1 de 2.048 Mb/s (32 canales) utiliza dos canales exclusivamente para señalización.

En la señalización “Inband” y “outband” se utilizan los mismos canales que se utilizan para la voz. Las frecuencias de voz están en la banda de 300 a 3400 Hz, Una banda de tonos “inband” comúnmente conocido como señalización CCITT R1 es el que utiliza un tono de 2600 Hz de señal continua con un filtro Notch para la voz.

El sistema celular de radio AMPS utiliza tonos “outband” de 6000 Hz para identificar y controlar la interferencia.

Aunque hay un número de formatos estandarizados de señalización, se debe notar que dentro de los estándares hay ciertos códigos de reserva que pueden ser definidos por el usuario y casi cada operador en el mundo ha administrado estos códigos de reserva para algún uso específico de su red en particular. Por lo que durante la interconexión de los operadores celulares se debe examinar la versión del sistema de señalización, ya que a menudo la ausencia de los bits correspondientes a estos códigos opcionales causará errores. El SW celular debe ser capaz de operar con cualquiera de estas variantes

3.7.1 Señalización de bucle (DC Loop Signaling)

Los primeros sistemas de señalización fueron muy simples y fueron basados en “pulsos de línea” que alternadamente colocaban estados de uno o cero en la línea. En la forma más simple se pueden ver como un teléfono de disco. Esto se lleva a cabo simplemente colocando en la línea una condición de “circuito abierto” o “circuito cerrado”. En los primeros switches los pulsos fueron traducidos directamente por movimientos físicos de barras, los cuales a su vez conmutaban la llamada.

El proceso de señalización es hecho por medio de pausas para indicar el fin de sesión del sistema de señalización. Por ejemplo la pausa entre la marcación de un dígito y el siguiente en un teléfono de disco es utilizado por el sistema para determinar el fin de una cadena de pulsos y el inicio de una nueva. La línea de “polaridad inversa” es utilizada para indicar ciertos estados, incluyendo que la parte llamada ha colgado.

La mayor desventaja de “la señalización de Loop” es que la forma del pulso se deteriora en distancias largas y los pulsos tienen que ser reconstruidos a través de regeneradores.

La solución a este problema fue convertir los pulsos a frecuencias (tonos audibles) las cuales se convierten nuevamente a pulsos después de recorrer las distancias entre las centrales y los abonados.

3.7.2 Señalización R1

Esta señalización está compuesta por la señalización de línea y la señalización de registro. Ver la figura 19.36

La señalización de línea es llevada a cabo sobre los hilos de habla, no importando la presencia o ausencia de habla. La señalización de línea es hecha utilizando un único tono de 2600 Hz. La línea contiene filtros en los extremos para evitar que el usuario reciba este tono.

Los registros forman la memoria del switch, y son usados para almacenar y enviar los dígitos marcados. Cuando un usuario marca un número, este es almacenado en un registro, el cual puede empezar a conmutar o analizar el número tan pronto como se tienen marcados dígitos suficientes para determinar hacia donde dirigir la llamada.

El registro de señalización se hace utilizando dos tonos simultáneos seleccionados de un total de seis, esto se denomina código de multifrecuencia (multi-frequency code MFC) que algunas veces se conoce también como, código de multifrecuencia 2 de 6 (two out of six MFC). Esta señalización está completamente especificada en el CCITT Blue Book faxcycle vi.4.

3.7.3 Señalización R2

La versión R2 analógica utiliza una señal “out of band” de 3825 Hz para la señalización de línea y un total de 15 señales de registro (inter-register) hacia delante y 15 señales hacia atrás. R2 igual que otros sistemas de señalización vienen en

versión analógica y digital. El tipo de señal puede tener dos significados, en la dirección forward definidos como grupo I (selección) y grupo II (clase de servicio del calling party).

La dirección hacia atrás (backward) también tiene dos tipos de señales llamadas grupo A (certificación y control) y grupo B (estado de la calling party), estas son detalladas en la norma CCITT Blue book faxcycle vi.2

3.7.4 Señalización de canal común (CCITT No.7)

CCITT-No. 7 (conocida como SS7 en los Estados Unidos) es el sistema de señalización entre switches más ampliamente recomendado y utiliza señalización por canal común (La señalización se hace sobre un canal dedicado) Para una operación económica del sistema de señalización por canal común, los puntos de transferencia de señalización (STP) proporcionan un enrutamiento dinámico del tráfico de señalización.

La señalización No. 7 es el más reciente de los sistemas de señalización y ha sido diseñado para permitir la interconexión interactiva entre los switches. El intercambio de información utilizando este formato puede ser algo complejo pero se logra la interconexión entre switches en una forma mucho más cooperativa que con los primeros sistemas de señalización.

En los sistemas analógicos se utiliza la señalización No 7 para la intercomunicación entre los switches y particularmente para la interconexión entre los switches y la red pública (PSTN). La implementación de IS-41 en las redes celulares permitió la eliminación del fraude en una gran proporción y la interrogación en tiempo real de la base de datos de los abonados locales.

La forma digital del sistema de señalización es full duplex y opera a una velocidad de 64 Kbps (56 Kbps en la versión SS7), también existe una versión analógica que puede operar 33 Kbps.

La señalización No.7 opera por líneas dedicadas y estas no deben tener supresores de eco ni retardos en el equipo y como viaja por uno de los canales del E1, debe cumplir con la ley de compresión correspondiente (μ ó A).

3.7.5 Interfases entre switches

La señalización utilizada entre dos switches usualmente contiene uno o más de los formatos de señalización ya comentados. En los switches modernos es posible tener disponibles casi todas las versiones de sistemas de señalización.

Antes de efectuar la interconexión de dos switches se debe primero verificar la compatibilidad de sus sistemas de señalización. Los sistemas de señalización son

bastante costosos, excepto por la señalización E&M la cual actualmente es ya obsoleta.

Existen convertidores para interconectar dos sistemas de diferente señalización pero incluyen retraso adicional además de mayor mantenimiento y mayor posibilidad de fallas.

Es necesario notar que las partes opcionales de varios sistemas de señalización son utilizadas para igualar los requerimientos de los sistemas de señalización modificados de cada red pública en particular (específicos de cada país).

3.8 Sincronización

Todos los sistemas telefónicos modernos requieren de sincronización para su interconexión, ya que su señalización es digital.

El Switch celular y los sistemas de transmisión digital necesitan ser sincronizados a las redes donde van a ser interconectados.

El sistema celular puede ser autónomo; esto es, sincronizado a su mismo reloj de alta estabilidad o esclavo de la red pública (PSTN), la cual supuestamente tiene un reloj de referencia de alta estabilidad (Cesium beam). Si se conecta al reloj de la red pública, tiene que hacerlo por medio de dos conexiones independientes por si una de estas falla.

Cuando existe una falla en la sincronización, se pueden presentar deslizamientos de trama, pérdidas de sincronía, transitorios (Frame slips, prolonged Frequency offset, transient, synchronization loss, etc.) lo cual produce errores y consecuentemente pérdida de datos. Esto ocurre durante conmutación de los relojes (redundante) o debido a pulsos ruidosos. La probabilidad de errores permitida es de 10^{-11} , lo que exige una sincronización extremadamente cuidadosa.

3.9 Redes inteligentes

Una red telefónica convencional es una red de transporte la cual conecta dos abonados con servicio fijo. Se puede decir que transporta la llamada.

La gente de negocios típicamente tiene un teléfono fijo, un fax, y un teléfono móvil. Estos equipos son independientes y son básicamente utilizados para establecer o terminar llamadas. Aunque esto ha sido común por casi un siglo; ahora esto ya ha terminado puesto que con el teléfono móvil se pueden tener todos los servicios que proporciona una red inteligente.

Las personas que viajan a través del país esperan hacer y recibir llamadas en sus teléfonos móviles sin tener que realizar ninguna acción de su parte para re-direccionar sus llamadas. Esto es hecho actualmente por la red que actualiza la posición del usuario y re-enruta las llamadas a su nueva localización; sin embargo, esto puede no ser suficiente, teléfonos móviles tienen capacidad de batería limitada y por tanto no es

práctico mantener el teléfono encendido las 24 hrs. del día. Cuando el viajero pasa por una zona sin cobertura la facilidad de “follow me” no funciona.

Mientras se esta viajando se puede desear que solo las llamadas urgentes sean re-direccionadas así que será necesario tener la facilidad de “Identificador de Línea” para saber quien esta llamando (Caller Line Identification, CLI).

Una red inteligente no solo transporta la llamada; proporciona además al usuario plenas facilidades de comunicación. Todas las facilidades que proporciona el “follow me”, interacción entre la red fija y la red celular, y otros más, estarán disponibles para el usuario por medio de un número universal, no importando la localización del mismo. De esta manera la red inteligente sabe donde esta el usuario y cual debe ser el tratamiento a la llamada y manejará la llamada como lo haría una operadora.

Para habilitar la interacción de la red inteligente en la red de switches, es necesario dividir las funciones entre conmutación y servicio. En esta estructura todas las llamadas son procesadas por el computador de servicio, ver Fig. 3.9 antes de que se establezca la trayectoria de habla. El computador de servicio verificará estatus actual de la llamada (ubicación, validez y autenticación del llamador) después de esta verificación pasará las instrucciones de conmutación al Switch correspondiente.

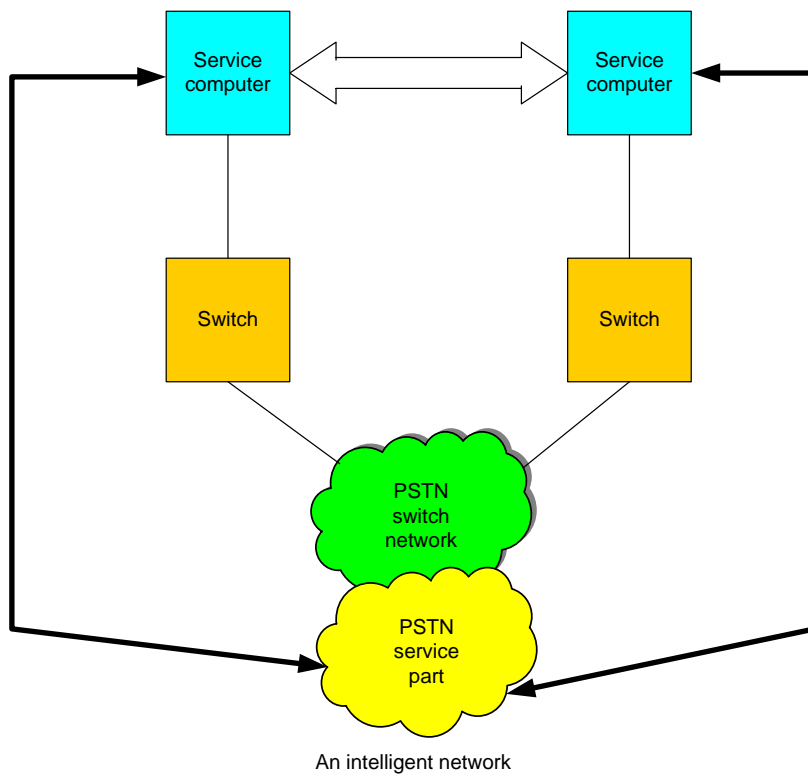


Figura 3.9 División de la red en la parte de conmutación y la parte de servicios

La red de switches continuará utilizando el HW/SW convencional pero en lugar de que la conmutación se establezca estrictamente de acuerdo al número marcado, esta se hará de acuerdo a las instrucciones emitidas por el computador de servicio. Estas funciones son ejecutadas en el entorno celular dentro de los límites de la base de datos de abonado local y la base de datos de abonado visitante. Este computador de servicio es llamado SCP (Service Control Point) y es el punto en donde los datos son alimentados al HLR/VLR.

La comunicación entre los SCP's permitirá la transferencia de datos requeridos por ellos mismos. Una vez que todos los switches móviles y fijos (celular and wireline) tengan asociado un SCP compatible, será muy fácil proporcionar un número universal, número portable a los usuarios. En estos tiempos las comunicaciones son persona a persona más que teléfono a teléfono. Otros ejemplos de interconexión inteligente limitada son llamadas centralizadas (igual a las llamadas de números 800) que dependiendo de la hora son direccionadas hacia un solo teléfono y también el direccionamiento de llamadas cuando el número esta ocupado o no contesta. Una verdadera red inteligente tendrá estos features y más, disponibles a través de todo el país y con el mismo formato de acceso de tal manera que el usuario no dependa de su ubicación.

La escasez de coordinación en la etapa inicial de celular ha producido que se usen códigos de acceso diferentes para cada uno de los features y también features no uniformes lo cual necesita ser resuelto en el futuro para beneficio del usuario final. Esto ha ocurrido porque los operadores han podido definir y configurar sus propios features.

El SCP será estructurado de tal manera que será posible la adaptación individual de los features.

Para que un SCP nacional pueda ser integrado, será necesario tener un protocolo universal entre el SCP y el Switch. En los laboratorios Bell de Estados Unidos están proponiendo utilizar un lenguaje llamado Advanced Intelligent Network versión 0 (AIN R0) esto permitirá una red inteligente con dos líneas de comunicación. El uso de IS-41 para comunicación entre switches celulares y AIN R0 y para la comunicación entre switches celulares y el PSTN es mostrado en la figura 3.10

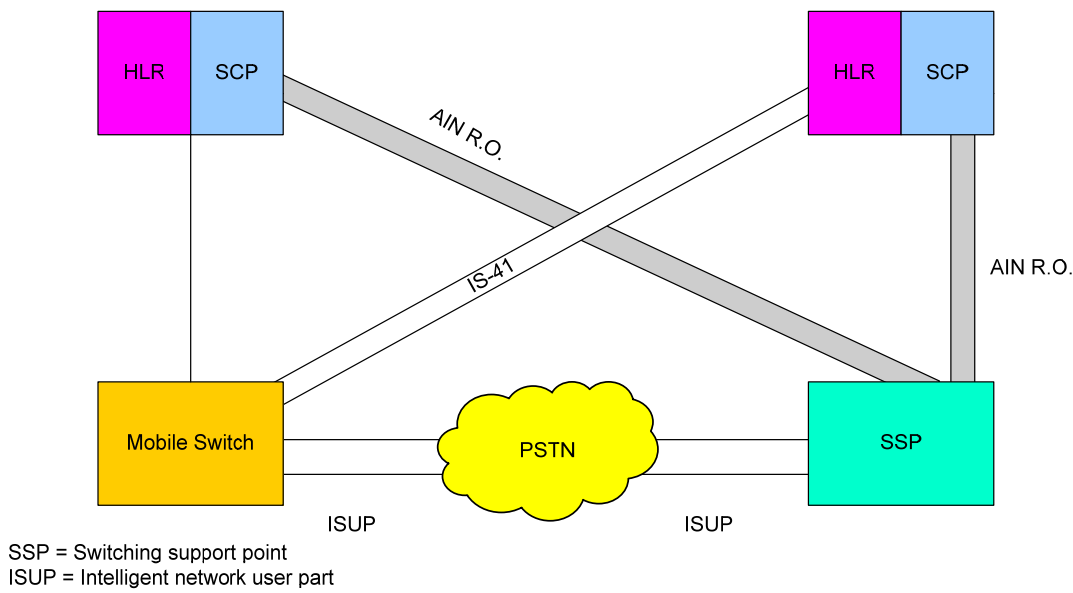


Figura 3.10 Red inteligente celular/PSTN, dos interconexiones

3.10 Ingeniería Celular Analógica, AMPS

Es una parte importante dentro del proceso de decisión en la selección de sistemas celulares; es aquí donde se identifica la viabilidad técnica de los sistemas celulares, la calidad de su funcionamiento, su flexibilidad y el grado de compatibilidad con las nuevas generaciones y nuevas tecnologías ya en desarrollo. Es aquí donde se puede ver qué tan complejo es el proceso del diseño de la red celular, por lo que tendremos una descripción rápida del mismo.

3.10.1 Ingeniería de RF

Esta es la parte más interesante, ya que aquí es donde se puede analizar las partes que son clave para desarrollar un sistema celular.

Los requerimientos iniciales para diseñar un sistema celular son:

Distribución de celdas

Número de usuarios

Erlangs por usuario

BHCA

Tipo de usuarios (porcentaje móvil y porcentaje fijo)

GOS interconexión central celular- Red Pública. 0.01%

Grado de servicio Central celular-Estaciones base. 2%

Suposiciones de diseño

El sistema operará en la banda A, 850 MHz

Ciudad o lugar donde se proporcionará el servicio
etc.

El diseño del sistema usualmente se realiza de manera que se maximice la cobertura asegurando que la intensidad de señal sea suficiente para la realización de llamadas con el menor número de sitios celulares. El diseño de cobertura debe ser balanceado de acuerdo a los requerimientos de calidad y capacidad del sistema.

Presupuesto de potencia de RF (Link budget), es la sumatoria de todas las ganancias y pérdidas a lo largo del enlace de RF. Este presupuesto nos proporciona las suposiciones en las que estará basado el diseño del sistema, tales como pérdidas en los vehículos, pérdidas en los edificios, margen de ruido ambiental, máxima potencia transmitida por el móvil, etc.

El presupuesto de potencia también nos proporciona el estimado de las pérdidas máximas permisibles; estas serán utilizadas en conjunto con el modelo de propagación (Netplan) para estimar la cobertura de los sitios.

El análisis de la cobertura basado en las pérdidas máximas permisibles ayuda principalmente a determinar problemas como la localización de los sitios (muy cerca unos de otros o muy lejos), problemas de obstrucción del terreno, sitios que pueden presentar problemas de interferencia (sitios en la punta de los cerros o frente a lagos).

Calculo de sitios por cobertura

Con los datos de cobertura de la radiobase (uplink voice path, downlink voice path), obtendremos un plot de cobertura por medio del cual podemos determinar la cobertura que proporcionará cada estación base, de tal manera que podemos establecer el número de celdas para cubrir la ciudad o extensión deseada y su localización.

Calculo de sitios por tráfico

Una vez hecho esto procedemos a utilizar el simulador, para simular el tráfico esperado en el sistema, esto se hace primero simulando tráfico uniforme y mas tarde se simula tráfico distribuido en el sistema. De esta manera sabremos que capacidad deberá tener cada una de las estaciones base de acuerdo a la densidad de tráfico esperado que manejará cada una de ellas.

Con los resultados de esta ultima simulación tenemos la información suficiente para calcular el número final de estaciones base, su capacidad de tráfico, altura de torre, potencia de transmisión, número de enlaces (transporte de voz y datos) entre la estación base y la central celular, número de canales de radio, etc.

Con esta información podemos calcular el suministro requerido de potencia, tanto de AC como DC.

Calculo de la Central Celular

Una vez conocida la cantidad de sitios y su capacidad, podemos calcular la central celular.

La capacidad de la central celular, se calculará de acuerdo al número de usuarios esperado, uso de servicio por usuario (los Erlangs/usuario), el grado de servicio planeado, al número de estaciones base, al número de máquinas de correos de voz, a la interconexión con otras centrales celulares, al número de enlaces con la red pública, al número de enlaces con las estaciones base, etc.

Esta es de una manera básica como se realiza la ingeniería de diseño de un sistema celular. Adicionalmente a esto, en los siguientes puntos, nos referiremos a algunos conceptos básicos importantes del sistema que es necesario conocer, y como se ha distribuido el espectro de frecuencias entre los operadores celulares y también describiremos algunos de los problemas principales que afectan a estos sistemas una vez que ya se encuentran en servicio comercial.

3.10.2 Interfase Area.

Uno de los recursos más importantes del sistema de telefonía celular es el ancho de banda asignado a cada uno de los operadores celulares por la agencia gubernamental de comunicaciones de cada país. Siempre hay un esfuerzo para conseguir más ancho de banda o para acomodar más canales en el ancho de banda disponible. Todo esto con el fin de lograr mayor volumen de ganancias.

3.10.3 Distribución del espectro disponible AMPS.

Inicialmente se contaba con 20 MHz aproximadamente de ancho de banda para la tecnología celular, y se tenían 666 canales duplex para cada sentido de transmisión, hacia adelante, de la estación base hacia la estación móvil y hacia atrás que es la transmisión desde la estación móvil hacia la estación base. Estos 666 canales hacia adelante se dividieron entre los dos sistemas existentes A y B. quedando 333 canales para cada sistema. De la misma manera los 666 canales hacia atrás se dividieron entre los sistemas A y B. La figura 3.11 nos muestra la distribución de frecuencias.

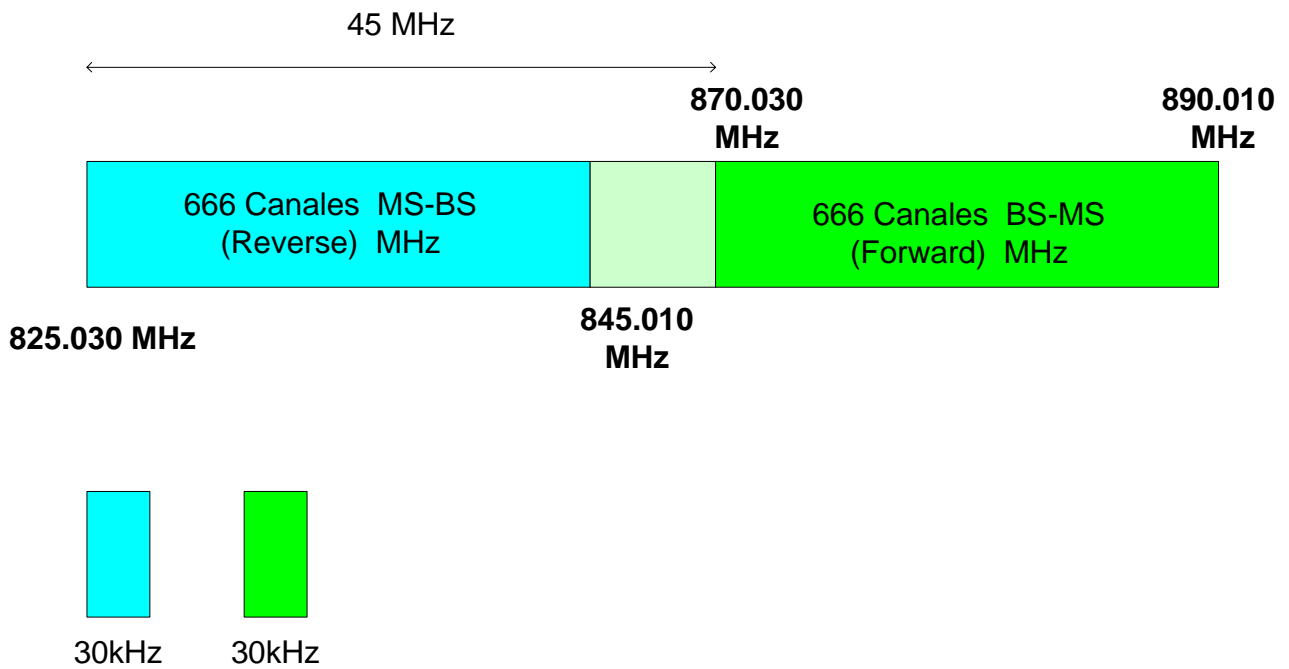


Figura 3.11 Distribución de frecuencias del sistema AMPS

En una ampliación posterior se agregaron 10 MHz al espectro asignado al sistema celular por lo que se llegó a 832 canales. Estos 832 canales MS-BS se dividieron entre el sistema A y el sistema B, quedando cada uno de ellos con 416 canales duplex.. Haciendo un total aproximado de 25 MHz para el sistema A y 25 MHz para el sistema B, de manera que cronológicamente hay dos sistemas AMPS. Cuando se hace referencia al sistema original se habla de AMPS y para el segundo caso se habla de EAMPS; esto es, AMPS extendido.

Los canales duplex disponibles en el sistema AMPS han sido distribuidos en dos bloques de 416, de manera que quedan 395 para voz y 21 para control en cada bloque; lo cual permite la coexistencia de dos sistemas celulares en la misma área geográfica: Sistema de la banda A (non-wireline carrier) y Sistema de banda B, (wireline carrier).

Las figuras 3.12, 3.13 muestran la distribución de frecuencias a detalle de la banda A/B para los canales “Reverse y Forward”.

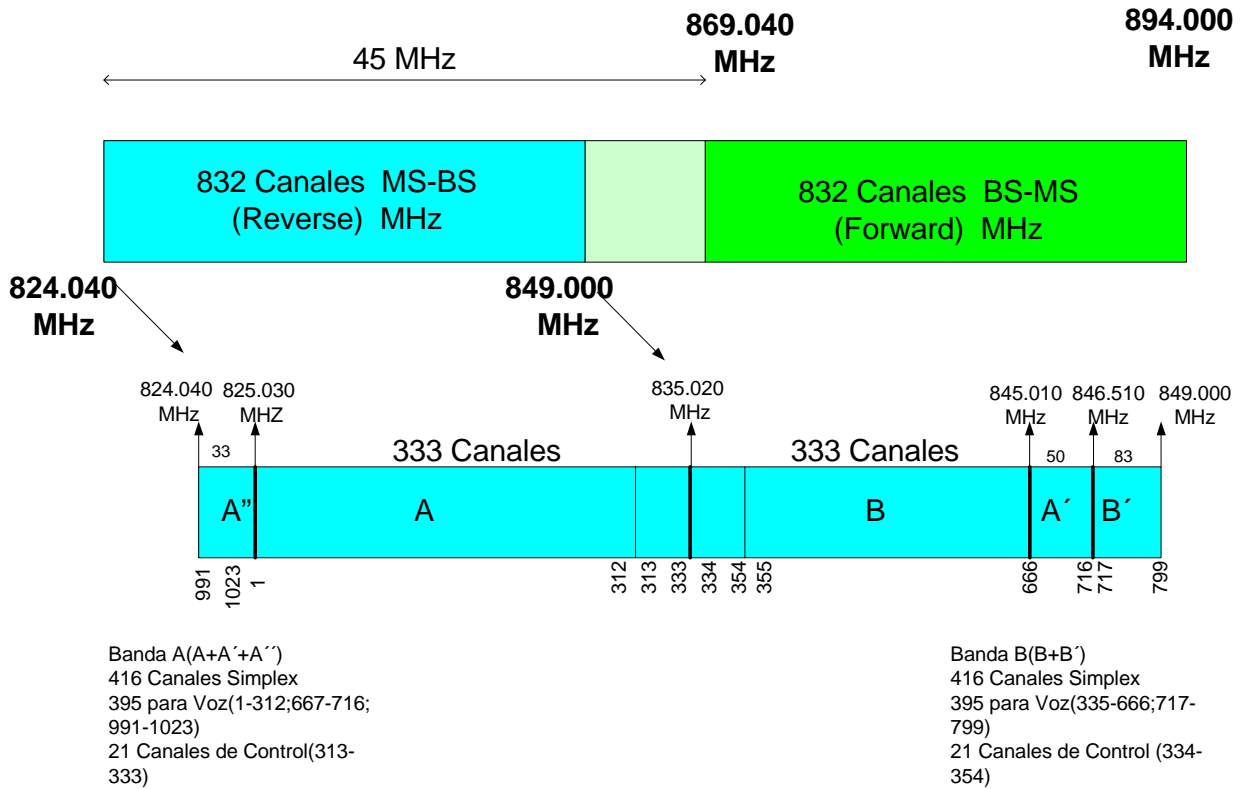


Figura 3.12 distribución de frecuencias reverse en las bandas A y B

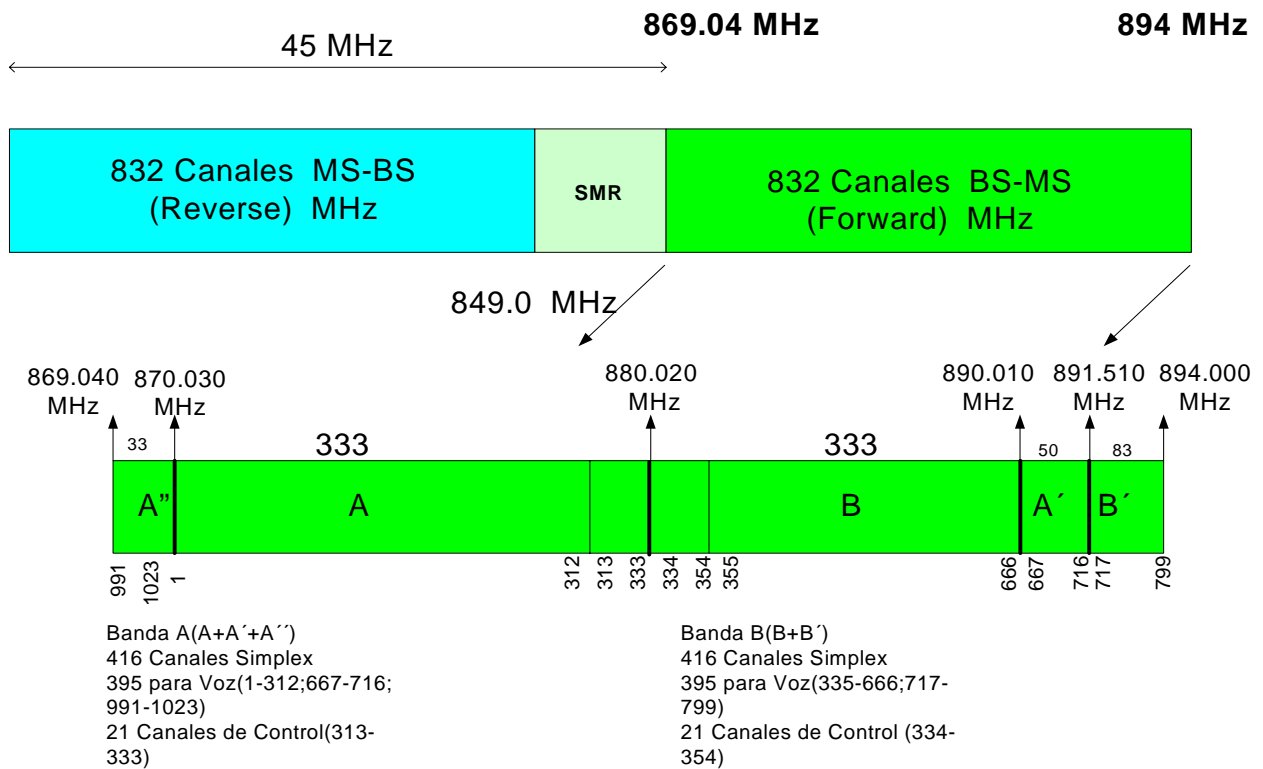


Figura 3.13 Distribución de frecuencias BS-MS "Forward" en las bandas A y B

En México se regionalizó el país, ver figura 3.14 y después de la subasta de frecuencias en la banda de 850 MHz la distribución de regiones y asignación de frecuencias es como sigue: la banda A fue asignada a Iusacell y la banda B fue asignada a Telcel (Telmex).



Figura 3.14 Distribución de regiones y asignación de frecuencias

3.10.4 Elementos del sistema AMPS

Para establecer una llamada el MS requiere de un canal de transmisión Tx y otro de recepción Rx. En AMPS se definen canales de RF de un ancho de banda $BW_{CH}=30$ Khz., por lo que un canal Duplex (transmisión y recepción) (Tx y Rx) ocupa 60 Khz. del espectro disponible del sistema. Sobre estos canales se realizan las funciones de señalización y control entre las estaciones móviles y las estaciones base.

La comunicación entre la estación móvil y la estación base se realiza por medio de los canales de tráfico (TCH, Traffic Channel) y los canales de control (CCH, Control Channel). Ver figuras 3.15, 3.16 y 3.17.

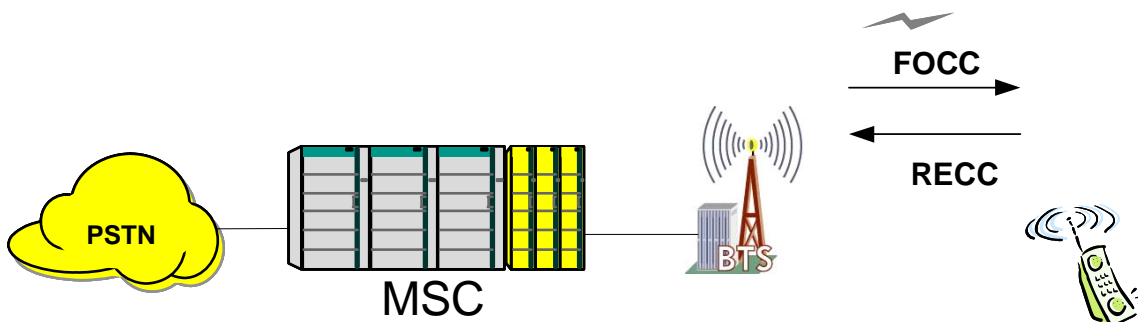


Figura 3.15 Canales de tráfico y de control

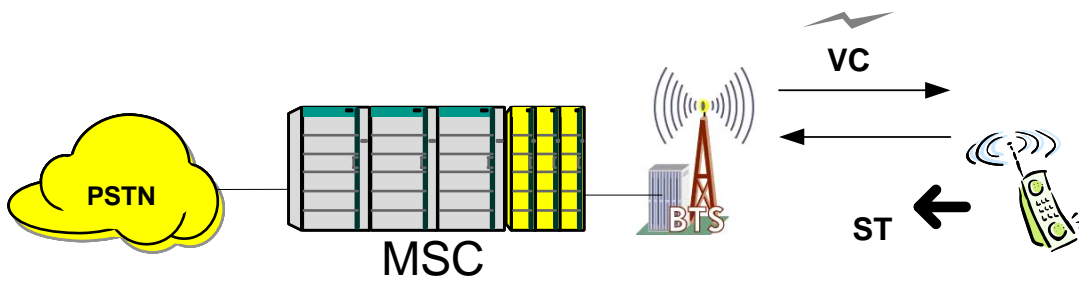


Figura 3.16 Canales de tráfico y tono de señalización

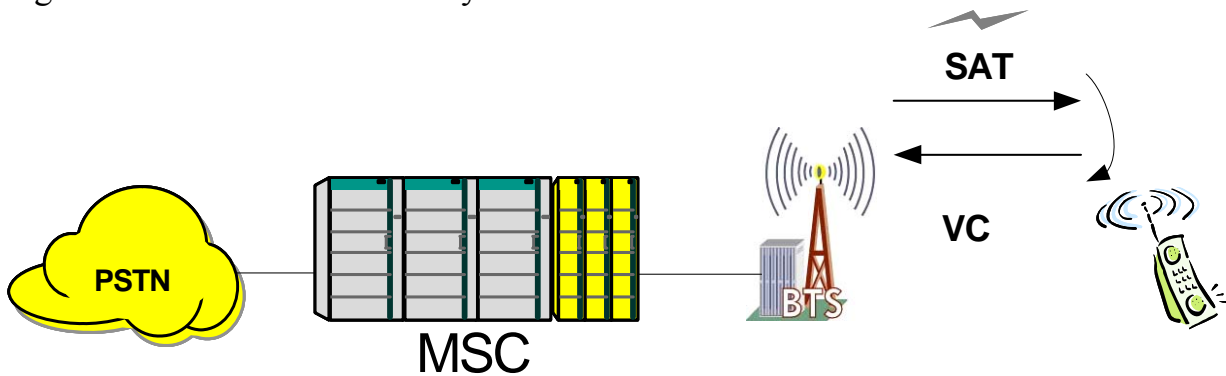


Figura 3.17 Canales de tráfico y tono de señalización de audio (SAT, signaling audio tone)

3.10.5 Método de acceso y tipo Modulación

En el sistema AMPS se tienen dos elementos de importancia que son el método de acceso y el método de modulación, por medio de estas dos variables se define el ancho de banda a utilizar.

3.10.6 El método de acceso se conoce como Acceso Múltiple por División de frecuencia (frequency division multiple Access FDMA).

Un método de acceso es un procedimiento en el cual un individuo (radiobase) controla los parámetros de operación de otro (unidad móvil) a fin de proporcionarle un servicio eficiente. Existen técnicas de acceso por división de tiempo, de frecuencia y de código. AMPS utiliza la técnica por división de frecuencia en la que a cada unidad móvil se le asignan en préstamo dos frecuencias para realizar su llamada. Esta asignación es dinámica, ya que las frecuencias pueden ser cambiadas en cualquier instante, cuando la calidad del enlace disminuya, ya sea por problemas de propagación o porque el usuario se desplace a otra celda. A causa de que se utiliza modulación en frecuencia, que es la de mayor ancho de banda y a que es necesario

dejar una separación entre canales para evitar interferencias, esta técnica de acceso es muy ineficiente en el manejo del ancho de banda. Ver figuras 3.18 y 3.19.

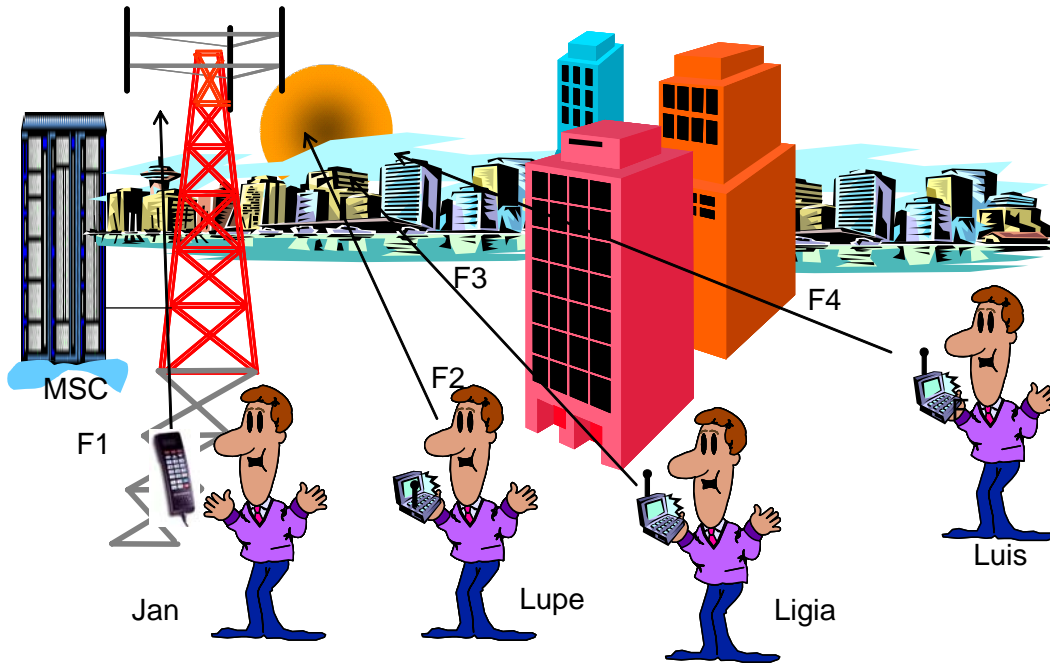


Figura 3.18 Método de acceso, FDMA

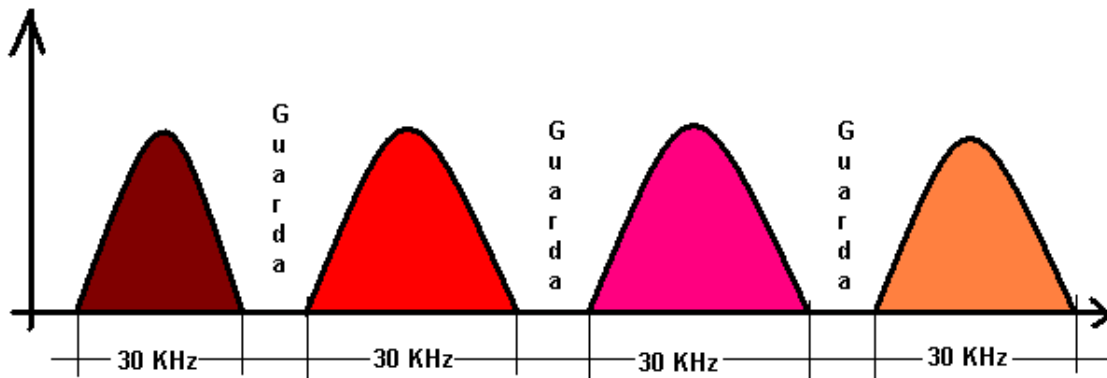


Figura 3.22.- Asignación de canales en FDMA

Figura 3.19 Distribución de frecuencias para una modulación analógica

3.10.7 Estación Móvil (MS, Mobile Station)

Los móviles se clasifican por la máxima potencia efectiva radiada (ERP) indicada en la marca de clase de la estación (SCM). Mientras el móvil se encuentra en una llamada, la estación base efectúa mediciones de RF y de acuerdo a los resultados de esta medición, ordena al móvil que efectúe variaciones de potencia en pasos de 4 dB.

Considerando un determinado alcance, entre más ancho de banda se utilice, se requiere más potencia, por lo que la modulación en frecuencia tiene aquí puntos en contra.

3.10.8 Código de identificación de sistema (SID, System Identification)

El código de identificación del sistema (SID System Identification) es asignado a cada sistema celular, este código sirve para que la estación móvil identifique al sistema que le está proporcionando el servicio. Este código es transmitido por cada estación base dentro de los mensajes de control; asimismo, este número está programado en la estación móvil y cuando lo recibe, la estación móvil, reconoce la información de su sistema de casa.

3.10.9 Sensibilidad del Receptor (Receiver Sensitivity)

Sensibilidad del receptor es el nivel mínimo de potencia para que el receptor sea capaz de procesar la señal. Se considera un nivel típico de -80 dBm para servicio en interiores “inbuilding” y un nivel de -100 dBm para servicio en exteriores “street”. Si el nivel de la señal cae debajo de estos valores, es usual que se corte la llamada.

3.10.10 Relación Señal a Ruido (S/N)

Expresada en decibeles, es básicamente un cociente de potencia de señal entre potencia de ruido. En telefonía analógica es una medida de la calidad del servicio. Cuando el usuario percibe demasiado ruido simplemente corta la comunicación. Lo mismo pasa con el sistema; cuando hay demasiado ruido, las señales de control no son perceptibles y la comunicación se corta. Aquí es notorio que “demasiado ruido” es un concepto cualitativo; no así en telefonía digital, en la que la relación señal/ruido máxima permisible tiene un valor muy preciso, como se verá más adelante.

3.10.11 Handoff

Es el proceso por medio del cual una llamada establecida en una célula debe ser transferida a otra, debido a que el móvil está deambulando. Ver figura 3.20.

En el caso ilustrado aquí, la unidad móvil pasa de la celda 1 a la 2 y ambas se encuentran atendidas por el mismo MSC.

Se tienen dos tipos de handoff; inter-handoff e intra- handoff.

El intra-handoff ocurre cuando un móvil durante la llamada, se mueve alrededor de la estación base de radio sectorial y se produce un cambio de canal de radio de un sector a otro de la misma estación base.

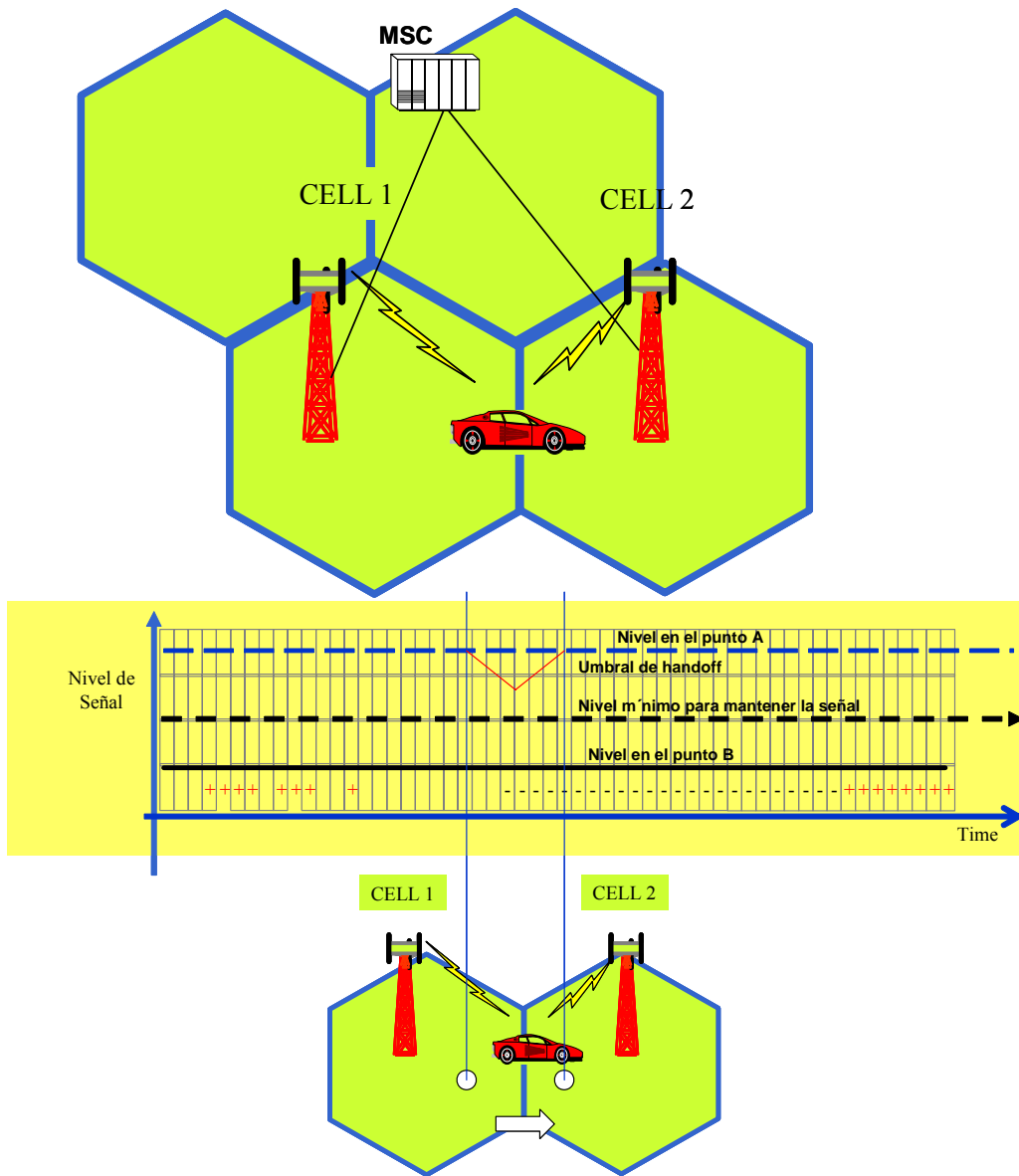


Figura 3.20 Proceso de handoff

El Inter-handoff ocurre cuando el móvil durante la llamada, se mueve y pasa de la cobertura de una estación base a otra, por lo que se produce el cambio de canal de radio de una celda a la otra.

En la figura 3.20 podemos ver de qué manera se establecen los límites numéricos para efectuar el handoff.

Usualmente para determinar los límites de handoff, se utiliza la traza obtenida durante la simulación y diseño de radiofrecuencia; de esta manera, se establecen los parámetros en el switch celular, para cada uno de las estaciones celulares, los cuales pueden ser:

Parámetros de intensidad de campo

Celdas vecinas
 Inclinación eléctrica
 Inclinación física
 Tipo de antenas
 Potencia de transmisión
 No. De canales por celda y por sector
 Etc.

Una vez que se han dado de alta los parámetros de la celda en cuestión se debe hacer un recorrido a través de la zona de servicio para obtener la traza real de servicio de RF y así verificar que efectivamente los límites han sido establecidos correctamente. En caso de que las trazas no cumplan con lo esperado se reconfigurarán los parámetros de las celdas con problemas. De esta manera se asegura que cada celda cubra el área correspondiente de acuerdo a la planeación celular.

3.10.12 Handoff entre Sistemas (Intersystem Handoff)

En ciudades de alto tráfico, y alta densidad de usuarios se requiere más de una MSC; por ejemplo, en la Ciudad de México se tienen de 10 a 20 MSC's. por lo que el área se divide geográficamente en zonas servidas por cada una de estas MSC's; por consiguiente, un móvil durante su recorrido podrá ser atendido por diferentes sistemas, por lo que cada vez que el móvil cambie de sistema se realizará un intersystem hand-off. Esto aplica para sistemas colindantes o que tengan frontera común, ver IS-41 Protocol, ver figura 3-21

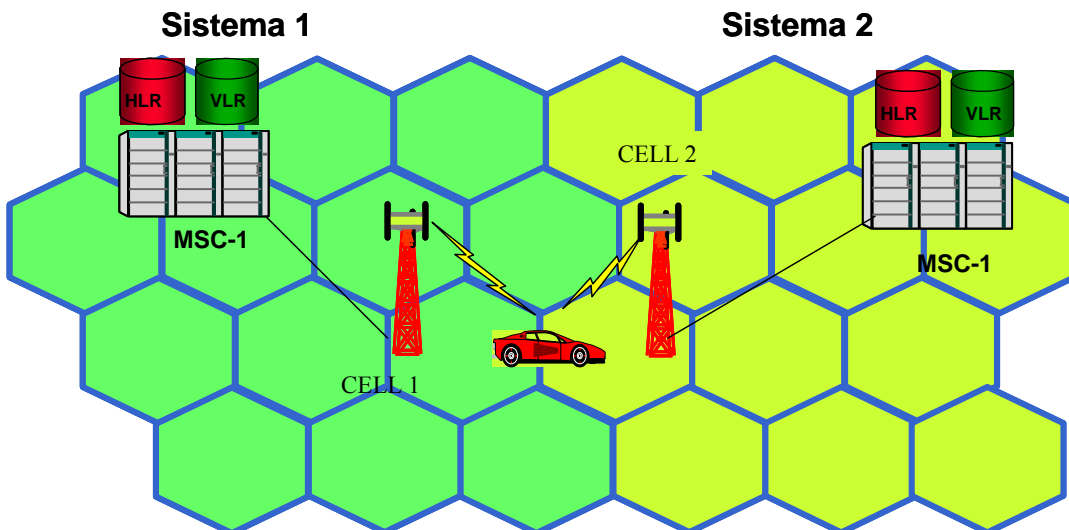


Figura 3.21 Handoff entre sistemas celulares (Intersystem Hand-off)

3.10.13 Roaming

Esto sucede cuando un móvil se desplaza de un sistema 1 a un Sistema 2, del mismo operador celular pero que no tienen entre ellos una base de datos de abonado común (HLR, Home Location Register). O también cuando un móvil se desplaza de un

sistema A de un operador celular a un Sistema B, de otro operador celular y requiere de servicio aunque no pertenezca a este sistema

A este tipo de servicio suministrado por otro sistema se le llama servicio de roaming. Este servicio se suministra por medio de elementos adicionales en cada uno de los sistemas, después de un intercambio de información entre el sistema local (Home system) de usuario y el sistema visitado (Visitor System).

El móvil que llega a otro sistema se considera como visitante. Ver figura 3.22

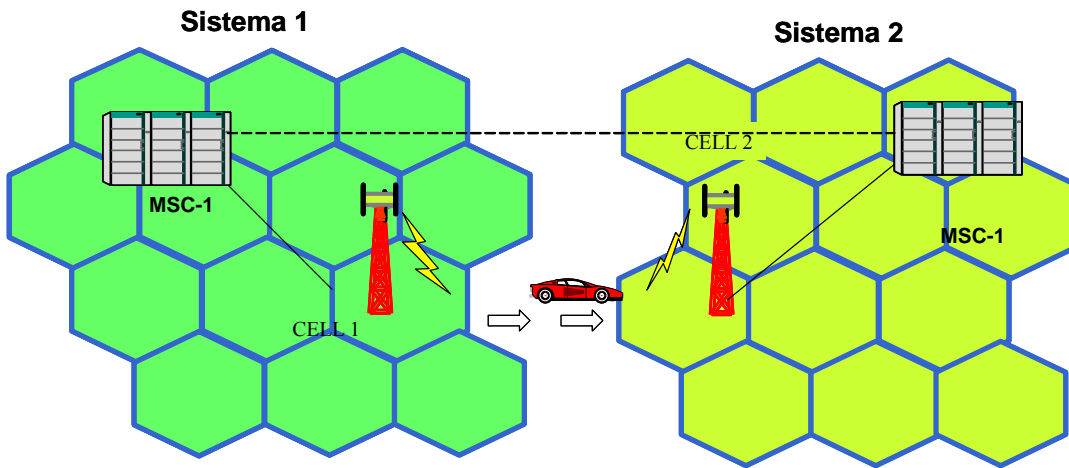


Figura 3.22 Proceso de roaming

3.11 Desvanecimiento por Multitrayectoria

Este fenómeno consiste en que la señal emitida por la radiobase llega a la unidad móvil proveniente de varias direcciones, debido a los rebotes en edificios.

El efecto de multi-trayectoria en la propagación de las señales, produce uno de los peores problemas en la comunicación móvil, ver figura 3.22

Celda 1

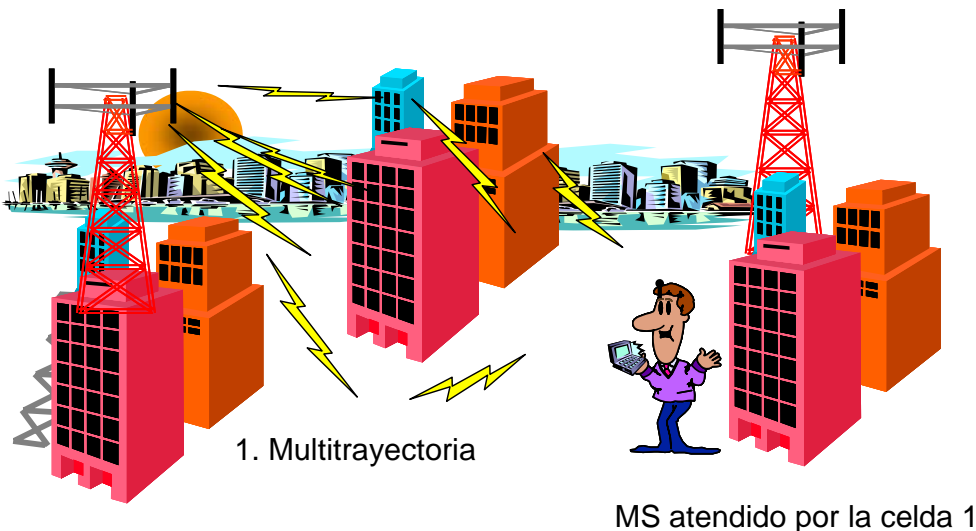


Figura 3.22 Multitrayectoria

Existen diversos problemas generados por la multi-trayectoria que se presenta durante la propagación de las señales de radio, los tres más importantes son:

- Esparcimiento por retardo (Delay Spread)
 - Desvanecimiento de Raleigh (Raleigh Fading)
 - Corrimientos por efecto Doppler (Doppler shifts)
- Ver figura 3.23

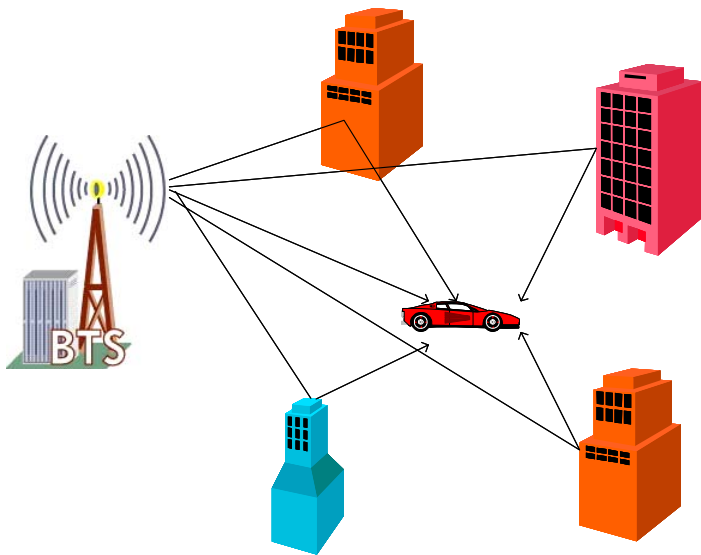


Figura 3.23 Problemas generados por la propagación multi-trayectoria

3.11.1 Esparcimiento por Retardo (Delay Spread)

Debido a que la señal viaja por diferentes trayectorias y cada una de ellas tiene una longitud diferente, las múltiples señales que arriban al móvil tienen diferentes retardos.

Debido a este efecto la señal resultante en el receptor sufre un ensanchamiento con respecto a la original.

En sistemas digitales este ensanchamiento produce un traslape entre pulsos y se le conoce como interferencia inter-simbólica. Ver figura 3.24

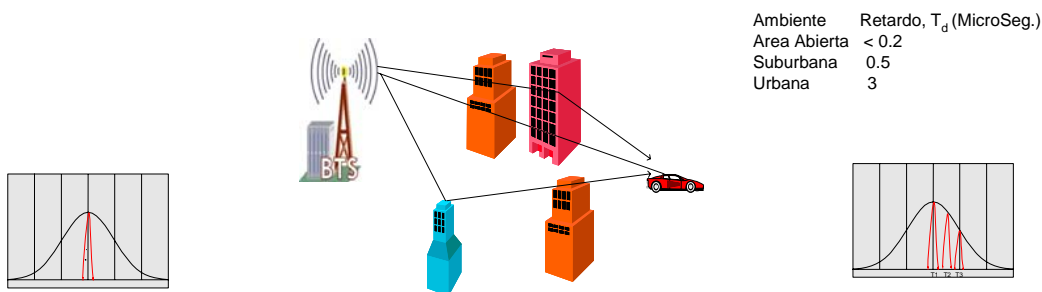


Figura 3.24 Retraso en la propagación (Delay spread)

En sistemas analógicos, el resultado es una especie de reverberación o eco débil de la señal audible en el extremo receptor.

3.11.2 Desvanecimiento de Raleigh (Raleigh Fading)

La propagación multi-trayectoria también provoca alteraciones en la relación de fase y amplitud en las diferentes señales recibidas

Los desvanecimientos provocados por dichas alteraciones se dice que caen dentro una distribución estadística conocida como distribución de Raleigh, ver figura 3.25

La profundidad y espaciamiento de los desvanecimientos están relacionados con la frecuencia de la onda de radio

Un móvil que desplaza a través del área de cobertura de la celda se cruza por varios puntos de desvanecimiento, lo cual produce ocasionalmente la caída de la llamada. (drop call).

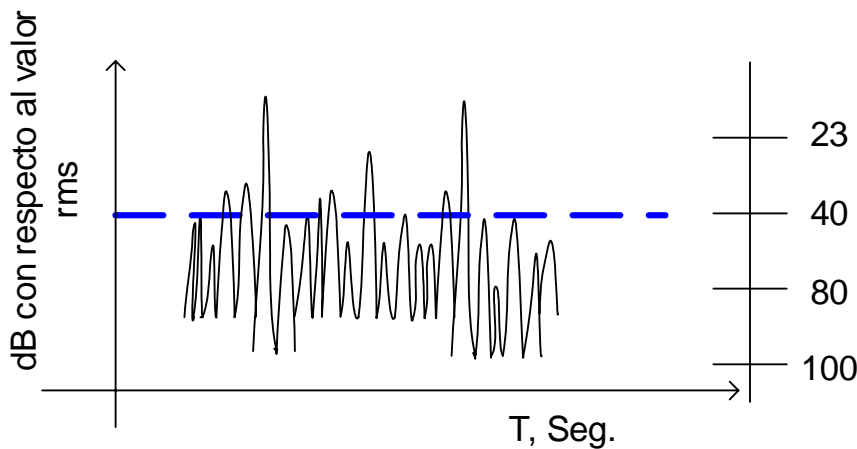


Figura 3.25 Desvanecimiento de Raleigh (Raleigh Fading)

3.11.3 Corrimiento por Efecto Doppler (Doppler Shifts)

En sistemas móviles, debido al movimiento del receptor con respecto al transmisor se producen variaciones de frecuencia en la señal recibida; a estas variaciones se les conoce como corrimientos por efecto Doppler o Doppler shifts. Ver figura 3.26

Estas variaciones de frecuencia dependen de la velocidad (magnitud y dirección) del móvil con respecto a la radiobase.

Potencia Tx

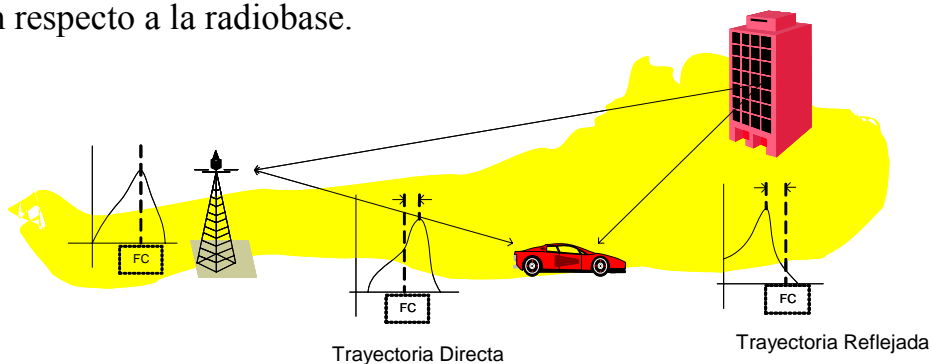


Figura 3.26 Corrimiento de Doppler (Doppler shift)

3.12 Interferencia

Este fenómeno consiste en la llegada al receptor de múltiples señales ajenas al sistema, que generalmente son aceptadas por ser de frecuencias iguales o cercanas a las esperadas.

3.12.1 Interferencia por canal adyacente

La interferencia por canal adyacente es la interferencia causada por un canal de frecuencia muy cercana a la del que se está utilizando y se minimiza mediante la utilización de filtros más selectivos

Para evitar el costo de los filtros existe otra manera para eliminar esta interferencia, consistente en evitar la utilización de los canales adyacentes, como se realiza en la transmisión masiva de TV.

Cuando la señal de un canal invade el espacio de frecuencia de un canal vecino, puede ser por una emisión con demasiado ancho de banda o por un canal con demasiada potencia o por un corrimiento de la frecuencia nominal, Fig. 3.27

3.12.2 Interferencia cocanal

Esta interferencia es causada por un segundo transmisor transmitiendo en la misma frecuencia y no puede ser eliminada por medio de filtros; solo se puede evitar por medio de un cuidadoso diseño de ingeniería durante la planeación de frecuencias del sistema de RF. Los parámetros a modificar para evitar este tipo de interferencia son: Distancia entre celdas, inclinación de antenas, dirección de emisión, potencia, distancia entre estaciones, etc. Ver figura 3.28

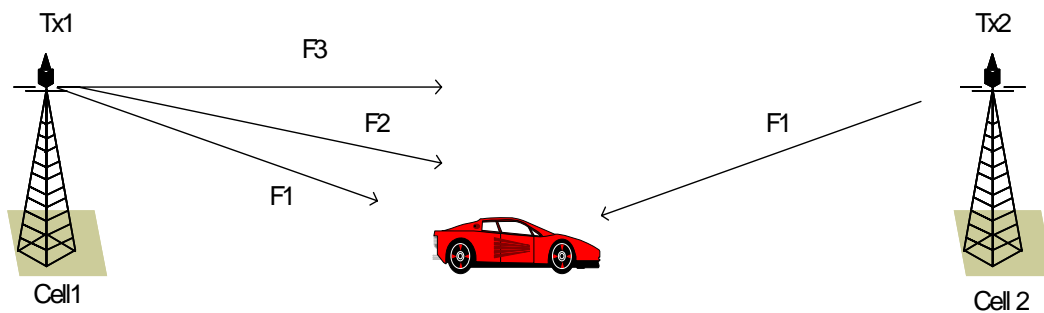


Figura 3.27 Interferencia por canal adyacente

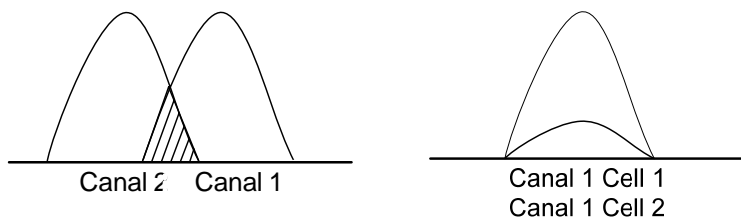


Figura 3.28 Interferencia Co-canal

3.13 Conclusiones

En este capítulo se ha tratado de presentar un panorama del sistema de telefonía celular analógico más acreditado y al mismo tiempo se han introducido conceptos y definiciones fundamentales que serán de utilidad en los capítulos subsecuentes.

Por ser esta la primera tecnología celular que se implementó en México es muy importante el tenerla como la primera referencia para las demás subsecuentes actualizaciones y migraciones de tecnología. Esta referencia nos permitirá ver el grado de avance de la tecnología y como se han solucionado algunos de los problemas iniciales, por ejemplo:

- Falta de capacidad de los sistemas ante el crecimiento explosivo de la demanda.
- Como se ha resuelto en gran medida el problema del fraude
- Como se ha hecho eficiente el uso del espectro de radiofrecuencia
- Como se han solucionado los problemas de estandarización de los diferentes sistemas celulares (señalización, handoff, roaming)
- Como se resolvieron los problemas de duración de batería de las estaciones móviles
- Como se ha resuelto el problema de interferencia.

En los siguientes capítulos veremos como el avance tecnológico ha hecho posible la solución de algunos de estos problemas, aunque han generado sistemas más complejos, al proporcionar nuevos servicios para el usuario final, lo cual nos ha generado nuevos problemas, cuya solución dependerá de más avanzadas tecnologías y así hasta el infinito.

Capítulo 4
Red de Acceso Múltiple por División de Tiempo,
(TDMA, Time Division Multiple Access)

4	INTRODUCCIÓN	90
4.1	Duración de la batería del teléfono celular (Battery Talk Time)	91
4.2	Calidad de voz	92
4.3	Dimensiones físicas de la infraestructura	92
4.4	Algunas características del sistema digital	93
4.5	Telefonía Celular Digital	94
4.6	Telefonía Digital, Estructura de la Red (D-AMPS)	95
4.7	Acceso múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access)	96
4.8	Estación Móvil, (MS Mobile Station)	96
4.9	Método de Acceso	97
4.10	Modulación	97
4.11	Interfase de Aire (Radio Frecuencia, RF)	97
4.12	Estación Base de Radio	98
4.13	Capacidad, de la BTS de 800MHz.	100
4.14	Componentes principales de las Estaciones Base de Radio TDMA	103
4.15	Estructura de la Trama de TDMA	105
4.16	Procesamiento del canal de voz	108
4.17	Señalización, Canal de control	109
4.18	Canal de señalización para voz analógica	109
4.19	Canal de señalización para tráfico digital	110
4.20	Canal de Control Asociado de Baja Velocidad	110
4.21	El mensaje Canal de Control Rápido Asociado	110
4.22	Procedimientos de llamada para móviles en modo dual	110
4.23	Estado Libre (Idle)	111
4.24	Acceso al sistema	111

4.25	Conversación	111
4.26	Capacidad del Canal de Control	111
4.27	Antena Duplexers	112
4.28	Equipo de suministro de Fuerza	112
4.29	Medio de Transmisión entre el Switch y las RBS (Backhaul)	112
4.30	Medio de Transmisión MSC-PSTN	114
4.31	Ingeniería Celular Digital, TDMA	114
4.32	Handoff entre Sistemas (Intersystem Handoff)	117
4.33	Conclusiones:	117

4 Introducción

En este capítulo se hará la descripción del sistema D-AMPS, que no es más que el original sistema analógico al que se le ha instalado la capacidad de digitalización de la voz y algún software de control digital.

A finales de 1993 ya se tenían instaladas docenas de sistemas celulares digitales; parecía que todo mundo quería migrar hacia la nueva tecnología digital y todos los países exigían ser los primeros en hacerlo.

Los primeros sistemas digitales eran de alguna manera frustrantes en su funcionamiento, ya que ninguno de ellos alcanzaba el objetivo mínimo de ser al menos “tan bueno como el analógico”.

Algunos sistemas digitales eran tan malos que fueron rápidamente puestos fuera de servicio o simplemente fueron dejados funcionando con muy poco tráfico sin importar las grandes inversiones en la infraestructura.

En Australia la promoción por GSM fue detenida casi el mismo día de su lanzamiento en servicio comercial y muchos de los vendedores de esta tecnología abandonaron el negocio. Con 1400,000 teléfonos analógicos a finales de 1994, y con un promedio de activaciones de 50,000 al mes, la red de GSM había conseguido solamente 800 usuarios en seis meses de servicio. Esto mismo sucedió en el Reino Unido, donde con 2 millones de usuarios, el GSM tenía solamente unos pocos miles de usuarios.

Hong Kong implementó GSM y D-APMS y el resultado fue el mismo, estas redes no tenían usuarios. Hong Kong fue un caso particular, debido a que la capacidad analógica estaba agotada y la única alternativa aparte del digital era estar sin servicio de telefonía móvil.

En EU docenas de operadores habían decidido por D-AMPS pero los usuarios lo rechazaron. Parecía que en el mundo los únicos que habían aceptado el servicio digital eran los franceses y los alemanes, ya que durante diez años ellos habían tenido un servicio analógico tan malo que sus expectativas no eran muy altas.

Hubo muchas razones del pobre desempeño de la tecnología digital. Probablemente la principal fue la premura con que la tecnología fue introducida, lo cual resultó en equipo con muchos problemas de software y hardware; en otras palabras, un equipo casi de laboratorio, lo cual produjo que el funcionamiento estuviera por debajo de las especificaciones. Estos problemas técnicos pronto detuvieron a los EU en el desarrollo de esta tecnología, por lo que los europeos aprovecharon para diseminarla en el mundo.

El objetivo declarado de GSM fue permitir el roaming a través de Europa, aunque el objetivo básico era que las empresas de Francia y Alemania vendieran su hardware (HW) y su software (SW) al mundo. La mercadotecnia detrás de esto fue excelente pero el producto no.

La escasez de capacidad de roaming, debido a falta de un estándar uniforme es la limitación más grande de la segunda generación de estos sistemas.

Los sistemas digitales requieren de espectro adicional. Para el caso de PCS estos servicios fueron localizados en la banda de 1800-2100 MHz donde se tiene mas espectro disponible que en el de 800/900 MHz.

La primera generación digital falló en eficiencia espectral ya que se utilizaba el mismo espectro que los sistemas analógicos, por tanto si la eficiencia espectral es casi la misma, entonces compartir las bandas existentes entre dos tecnologías significa dividir la capacidad total de la red. Lo cual hace aún más difícil el manejo de la red.

Inicialmente los teléfonos digitales costaban 50 o 70% mas que los analógicos; sin embargo, actualmente el costo de los teléfonos digitales es mucho menor que el de los analógicos.

Los sistemas digitales se nombraron inicialmente como GSM (Groupe Speciale Mobile), pero con el tiempo se llego a la definición de “Global System for Mobile Communications”. En el caso de los EU, la industria nombró “TDMA” a su sistema digital, se utilizan comillas para diferenciarlo del TDMA como una forma de acceso. El haber escogido este nombre no fue muy correcto ya que todos los radios construidos en los 80’s fueron TDMA incluyendo también los sistemas de microondas.

Al tener los teléfonos analógicos trayectorias de habla duplexadas “duplex speech paths” es necesario insertar un filtro duplex para habilitar la operación simultánea del transmisor y del receptor. Los sistemas digitales no lo requieren ya que ellos pueden operar secuencialmente; esto es, transmisión y recepción en ranuras de tiempo diferentes. Los avances en el diseño de los duplexores los han hecho más pequeños y simples pero a pesar de ello, estos tienen un gran costo en términos del consumo de batería durante la conversación por sus altas pérdidas de potencia.

4.1 Duración de la batería del teléfono celular (Battery Talk Time)

Uno de los grandes problemas de los sistemas analógicos fue la vida de la batería en conversación. Los usuarios no moderados tenían que utilizar la batería del auto para continuar conversando o tener disponible una batería de repuesto. Los sistemas digitales mejoran significativamente el Battery Talk y los Stand by times. La remoción del duplexor es el principal factor, ya que la inserción de un filtro duplexor (duplex filter) produce una pérdida típica de 3 dB. La remoción de este solo componente reduce requerimientos de potencia en la transmisión en un 50% sin reducir la PIRE.

También debido a que la transmisión del alerta (Paging) puede ser hecha en forma sincronizada, no es necesario que el móvil escuche continuamente y el receptor puede “dormir” durante periodos cuando la transmisión de datos no es relevante. Utilizando esta técnica es posible para un móvil en stand-by despertar por un instante,

reduciendo con esto el “stand-by current drain” a una pequeña fracción del consumo de su contraparte analógica, la cual siempre está escuchando.

Los sistemas digitales están diseñados para operar en pequeñas celdas de tal manera que los móviles utilizan baja potencia radiada efectiva, PIRE (ERP Effective Isotropic Radiated Power) con la ventaja adicional de que se reducen los problemas de interferencia. En resumen: la remoción del duplexor y el uso de baja potencia en la unidad móvil multiplican por cinco capacidad de la batería.

4.2 Calidad de voz

El ruido siempre ha sido el enemigo de las telecomunicaciones. Los sistemas analógicos con modulación de frecuencia se defienden bastante bien a costa de un gran ancho de banda. En los sistemas digitales sin protecciones especiales, el ruido ocasiona que el receptor confunda los unos con los ceros, ocasionando frecuentes y molestos chasquidos en el audífono.

En sistemas de telefonía analógica, si la unidad móvil va ingresando a un área ruidosa, la calidad del sonido va disminuyendo gradualmente, previniendo al usuario de que se puede cortar la llamada. En sistemas digitales, cuando se llega a un lugar ruidoso o de baja intensidad de señal, la llamada se corta bruscamente, lo cual es muy desagradable. Con un teléfono analógico es posible moverse hacia un área de mejor recepción; en los teléfonos digitales simplemente parece que hay áreas donde se tiene servicio y otras donde no lo hay.

Todos estos factores influyen en la calidad de la señal acústica recibida, pero el factor de más peso es el recorte inicial de frecuencias a la señal dada por el micrófono. En los teléfonos de mesa estamos tan acostumbrados a un recorte hasta 3400 Hz que lo tomamos como algo normal, ya que lo que nos importa es la inteligibilidad y no la fidelidad. En la telefonía celular (analógica o digital) el usuario toma la señal acústica de los teléfonos de mesa como patrón de comparación y en este terreno no hay diferencias importantes entre las tres tecnologías; de modo que la telefonía celular en este rubro pierde puntos solamente en el aspecto del ruido.

4.3 Dimensiones físicas de la infraestructura

De la misma manera que los teléfonos, las estaciones base también están decreciendo en tamaño, aunque el precio por Erlang no decrece en la misma proporción. Esta disminución en tamaño impacta en el uso de espacio, el uso de aire acondicionado y la cimentación cuando se requiere su instalación en el techo de las construcciones, reduciendo con esto los gastos de operación.

También podemos decir que las estaciones digitales son menos adecuadas para cubrir áreas rurales debido a su menor cobertura.

4.4 Algunas características del sistema digital

Generalmente, el cambio de tecnología debe implicar ventajas para el cliente. En este caso, debido a que el cambio fue demasiado drástico y la nueva tecnología poco madura, las mejoras no fueron muy perceptibles para el usuario.

4.4.1 Roaming

En los sistemas digitales de primera generación el roaming es llevado a cabo utilizando el número del usuario para identificar el “Home Switch” y de aquí se intercambia información entre los switches para el establecimiento de la llamada, para la facturación y para las facilidades o features.

Inicialmente el número de switches se incrementó de manera inmediata de modo que para una misma ciudad ya se tenían varios de ellos. Pronto este método fue ineficiente debido a la enorme cantidad de enlaces requerida, por lo que se implementó en la red una base de datos universal, accesible a todos los switches, con lo cual el roaming funcionó eficientemente.

4.4.2 Eficiencia de espectro

El motor para el desarrollo de la tecnología digital fue incrementar la eficiencia del espectro, lo cual algunos de los sistemas de segunda generación (primera generación digital) solo lo han conseguido parcialmente.

La falla de los primeros sistemas digitales en el rubro del ancho de banda está en que la codificación de una señal de voz de 3400 Hz de ancho requiere 64 Kbits/seg, lo que implica un ancho de banda mínimo de 32 KHz. Si esta señal se va a utilizar en telefonía celular, la técnica de modulación debe ser tal que la onda modulada no ocupe un ancho de banda total de más de 30 KHz. Eso nos lleva a esquemas de modulación PSK M-aria asociadas a técnicas de compresión digital cuya implementación era problemática. En la actualidad ya se han superado estas dificultades.

Con la entrada de la telefonía digital se desarrollaron nuevas funcionalidades (features) como:

- Reconocimiento de Voz (Voice recognition)
- Mensajería sobre el Canal de Voz (Voice messaging)
- Calidad de voz similar a la de los sistemas analógicos.

4.4.3 Las operaciones en los sistemas celulares.

La complejidad del sistema digital y por tanto la complejidad de las posibles fallas es de una magnitud superior a la del sistema analógico, por lo que los operadores, ansiosos por competir en el mercado, se enfrentan a sistemas de diagnóstico no tan eficientes, ya que es un área donde los fabricantes no han avanzado mucho o la atención no ha sido la correcta. Normalmente un diagnóstico típico obtenido del sistema parece escrito en algún idioma de otro mundo. Las abreviaturas encriptadas

utilizadas por los diseñadores del primer sistema se siguen utilizando y los diagnósticos obtenidos de ninguna manera son amigables.

4.4.4 Ruido en los sistemas TDMA

Los sistemas de GSM, D-AMPS, EDAMPS pueden ser considerados para efectos de interferencia como sistemas TDMA. En este grupo no está incluido el sistema CDMA que es totalmente diferente.

El termino TDMA se refiere a la manera en que múltiples usuarios comparten una sola frecuencia, teniendo ranuras de tiempo asignadas a ellos por turnos. Estos timeslots son agrupados dentro de frames. En el caso de GSM la longitud de los frames es de 8 timeslots y tiene un velocidad de repetición de 217 frames /seg. Mientras que la velocidad en D-AMPS es de 150 frames/seg. Los frames son enviados en burst de transmisión, seguidos por cortes durante los cuales se espera que responda el móvil. De esta manera se puede decir que el sistema emite cierto tipo de señal de ráfaga (burst) de una frecuencia igual a la velocidad de los frames y es esta velocidad de frames la que produce los zumbidos asociados con la tecnología TDMA.

En GSM, para una velocidad promedio de 217 frames/seg se produce una señal a 217 Hz y sus correspondientes armónicas a 434 Hz, 651 Hz, etc. Esta señal y la de voz modulan a la portadora y cuando esta es demodulada en el receptor, se produce un zumbido audible. El único procedimiento para eliminar esta señal interferente consiste en cambiar la frecuencia de frames, lo cual es prácticamente imposible.

4.5 Telefonía Celular Digital

El sistema digital celular también conocido como D-AMPS (Digital-AMPS) es notable por su eficiencia espectral mucho de lo cual es consecuencia de la eficiencia de sus codificadores digitales de voz.

D-AMPS habilita, en la misma frecuencia portadora, tres canales que ocupan el mismo ancho de banda de un canal analógico; esto es, 30 KHz.

El sistema digital utiliza la misma banda de frecuencias que el sistema analógico AMPS sin adición alguna de espectro. En algunas áreas donde solamente se han utilizado 666 canales del máximo autorizado de 832 canales, es relativamente fácil implementar el sistema digital utilizando esta banda de frecuencias de reserva. En donde no se tienen estas frecuencias de reserva el cambio a digital significa que algunas frecuencias se tienen que liberar.

En pequeñas ciudades esto no representa mucho problema, pero en las grandes (México D.F., Los Ángeles, etc.) esta liberación de frecuencias puede provocar incremento en la interferencia y caída de llamadas en la parte analógica.

4.6 Telefonía Digital, Estructura de la Red (D-AMPS)

En la red digital de los EU, se considera que el núcleo de la red es la central celular (MSC, Mobile Switching Center). Esta requiere tener señalización SS7 en su interconexión con la PSTN para aprovechar las ventajas de capacidad de la red. La central celular controla todas las interfaces con la PSTN y también las funciones de usuario como: registro, autenticación, y los records a través de la base de datos de abonado asociada (HLR Home Location register)

La base de datos de abonado visitante, (VLR Visitor Location Register) es un registro de acceso rápido que contiene los datos de los usuarios que recientemente han llegado a la ciudad. Este es utilizado por todos los usuarios y no como su nombre lo indica solo por los abonados visitantes.

La configuración para este sistema digital es mostrada en la figura 4.1

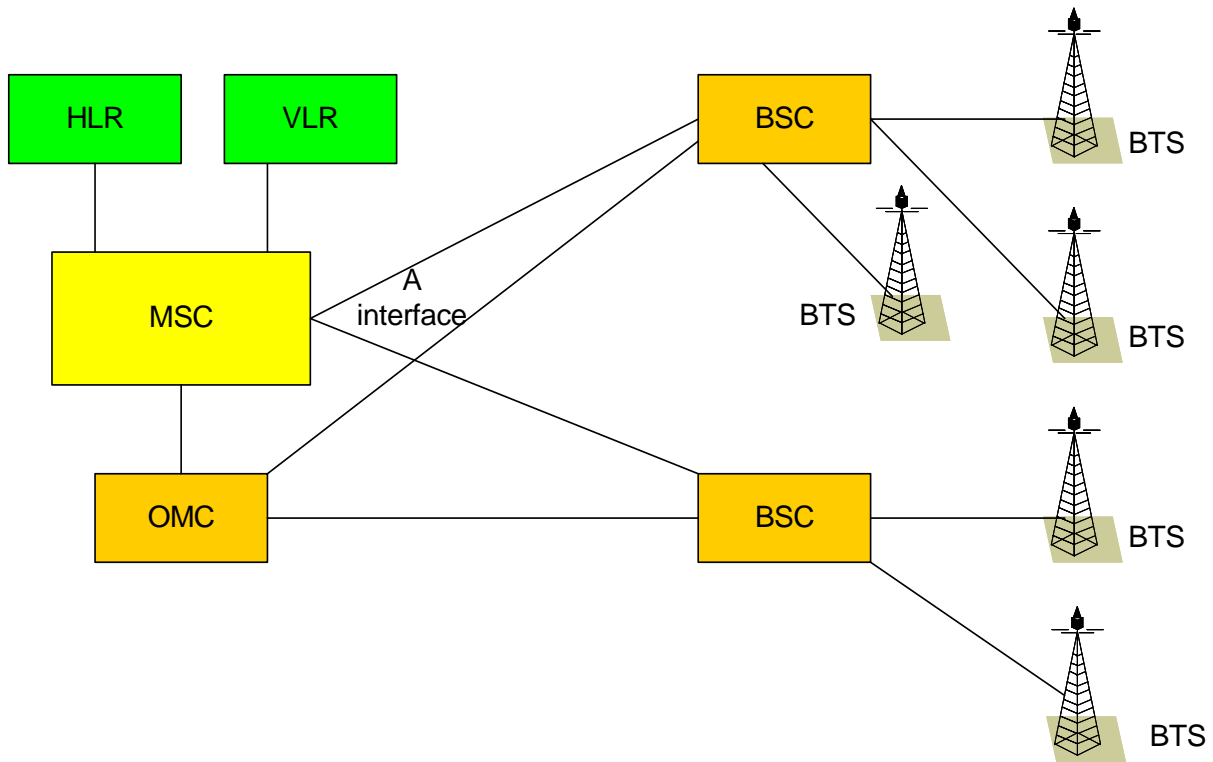


Figura 4.1, Configuración de la red digital.

Procederemos analizar la tecnología TDMA (IS-54, IS-136) considerando los puntos revisados en la tecnología AMPS.

Muchos de los puntos ya ilustrados y analizados para AMPS aplican perfectamente para TDMA, que es la tecnología en operación que ha competido con CDMA IS-95 A/B, y todavía es bastante importante en México, ya que el principal operador, Telcel, para 2004, todavía tiene una base de 12M de usuarios, aunque ya ha iniciado

su migración hacia GSM, para utilizar esta banda de frecuencia en la implementación de la tercera generación UMTS (Universal Mobile Telephone Services)

4.7 Acceso múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access)

Se trata de un sistema celular digital en el que la unidad móvil realiza la conversión A/D y D/A,

Esta característica es la que presenta una gran ventaja ya que permite el uso del método de acceso TDMA.

Características:

Ancho de banda angosto y utilización más eficiente del espectro

Mayor seguridad mediante métodos de encriptación y autenticación.

Entre los principales problemas se tiene que la velocidad de transmisión está limitada por el retardo del canal.

4.8 Estación Móvil, (MS Mobile Station)

Las estaciones móviles son de tipo dual; en otras palabras, son compatibles con AMPS y TDMA. Estas estaciones ya son capaces de enviar mensajes de datos a través del canal de control, su tamaño es más pequeño pero la reserva de batería solo alcanza para unas cuantas horas. No hay gran diferencia con los teléfonos de AMPS.

Los móviles de esta primera generación digital son mas complejos que los analógicos y requieren de cerca de 250 K de memoria; sin embargo, una mejor medida de la complejidad puede ser dada por el numero de instrucciones por segundo, esto es medido por millones de instrucciones por segundo o MIPS, los sistemas analógicos AMPS operan cerca de 0.25 MIPS mientras que los teléfonos GSM requieren de 40 a 85 MIPS.

Móviles modo dual.

La especificación del estándar dual mode EIA-IS54 (TIA) establece la introducción inicial de móviles modo dual para permitir preferentemente el acceso de los usuarios a la red digital y a la red analógica en donde no exista cobertura o servicio digital.

El móvil modo dual contiene dos transceptores uno analógico y uno digital con una sola etapa de de RF la cual es utilizada por ambos modos. Una limitación es que el amplificador lineal utilizado para la transmisión digital es mucho menos eficiente que el amplificador de frecuencia modulada de clase C analógico lo cual impacta el tiempo de conversación de la batería.

4.9 Método de Acceso

TDMA es el método de acceso utilizado por la EIA (Electronics Industry Alliance) y la TIA (Telecommunications Industry Association) para el Interim Standard 54 (IS-54) y el Interim Standard 136 (IS-136).

Utilizando TDMA, se tiene un ancho de banda de 30 KHz. y tramas de 6.7 milisegundos, las cuales son divididas en tres time slots, de modo que cada conversación obtiene la disponibilidad del radio por un tercio del tiempo. Esto es posible ya que la voz ha sido convertida a formato digital y en seguida se comprime de tal manera que toma significativamente menos tiempo de transmisión. Por lo tanto TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico utilizando el mismo número de canales o el mismo ancho de banda. TDMA opera en las bandas de frecuencia de 800 MHz (IS-54) o 1900 MHz (IS-136).

4.10 Modulación

La técnica de modulación utilizada es $\pi/4$ DQPSK ($\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying) el prefijo $\pi/4$ se refiere al hecho de que los cambios de fase están limitados a cuatro estados los cuales son $\pm \pi/4$ y $\pm 3 \pi/4$. El flujo de bits que es alimentado al modulador es agrupado en pares de bits los cuales causan el cambio de fase mostrado en la tabla 4.1. Un cambio de estado se le conoce como “símbolo”.

Símbolo (Grados)	Bits	
+45	0	0
+135	0	1
-135	1	1
-45	1	0

Tabla 4.1 Cambios de fase en función de cada par de bits (Cambios de estado)

4.11 Interfase de Aire (Radio Frecuencia, RF)

La interfase de aire es mostrada en la figura 4.2, donde podemos ver que se utiliza modulación digital para la comunicación de la estación de radio con la estación móvil

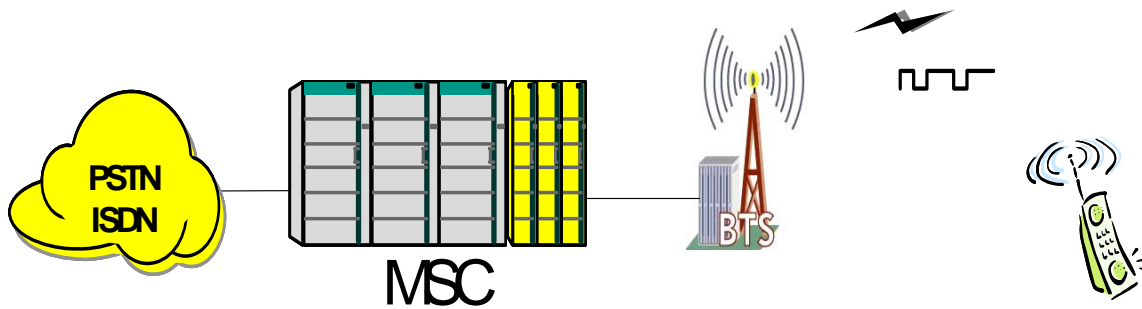


Figura 4.2, Interfase de aire

Aunque el principal factor para poder incrementar la densidad de tráfico fue el reducir el ancho de banda del canal, otro logro no menos importante fue el de mejorar la relación mínima tolerable del nivel de la portadora al nivel de la interferencia simbolizado como C/I . Esta relación depende de qué tan cercanas estén las celdas que utilizan las mismas frecuencias. Usualmente se trabaja con patrones de reuso de cuatro celdas o de siete celdas; siendo este último caso el que origina menos interferencia, pero reduce el número de frecuencias por celda. Es entonces necesario mejorar los equipos de radio y la codificación para que el sistema pueda tolerar una menor relación C/I y se tenga un patrón de reuso más eficiente.

TDMA ha sido diseñado para ser compatible con los patrones existentes de 4 y 7 celdas; este es un punto vital, ya que los overlay digitales serán viables solo cuando los canales digitales puedan ser agregados sin afectar adversamente el área de servicio o la inmunidad a la interferencia.

4.12 Estación Base de Radio

La estación base de radio (BTS) genera la interfase de aire hacia el móvil. Incluye los transceptores y el equipo multiplex para el enlace de conexión entre la BTS y la BSC.

Las estaciones de radio de TDMA manejan el estándar analógico AMPS EIA 553 y el digital D-AMPS EIA IS 136 (Advanced Mobile Phone System Electronics Industry Association 553 system y el Digital American Mobile Phone System Electronics Industry Association Interim Standard 136 system).

El sistema digital debe utilizar la misma distribución de canales que el AMPS

Debe ser compatible con las estaciones analógicas

Debe proporcionar capacidad adicional

Debe tener features adicionales

No es permitida degradación de calidad con respecto al sistema analógico.

La figura 4.3 ilustra el concepto digital en los sistemas analógicos.

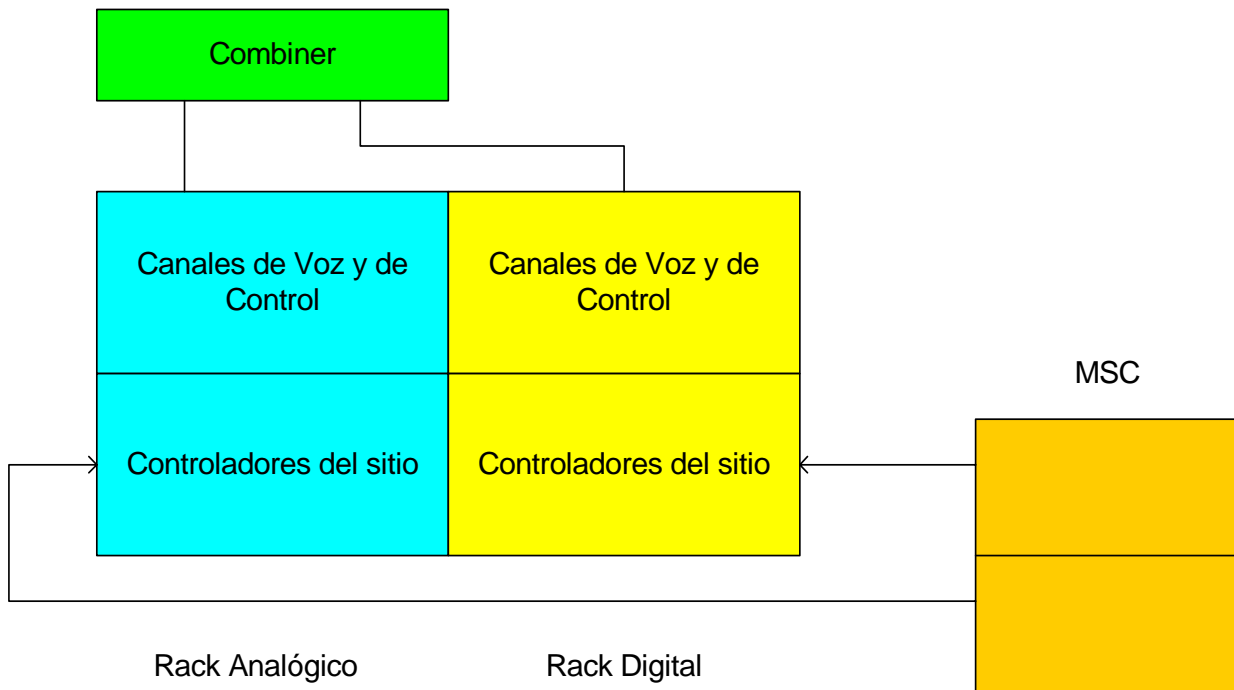


Figura 4.3, Un sistema AMPS/Digital puede utilizar el mismo Switch.

La compatibilidad en la estación base fue planeada para convertir un simple canal analógico a digital sin tener que cambiar los bastidores o el equipo acoplador de RF. El concepto de construir tres canales digitales en el espacio que ocupa un canal analógico permite que la BTS digital pueda tener tres veces la capacidad del equipo analógico, de tal manera que se tendrán que actualizar los enlaces de transmisión BSC-BTS en caso de que se tengan microondas de baja capacidad.

La disponibilidad de espacio en las BTS debe verificarse debido a que se deben considerar equipos controladores adicionales.

Aunque el concepto de compatibilidad suena muy positivo, en la realidad los operadores tuvieron que reemplazar el equipo analógico que compraron antes de 1988, ya que la mayoría de este equipo ya no era posible adaptarlo al estándar de 832 canales; por tanto, la opción para los operadores fue reemplazar el equipo de RF analógico.

En el caso de los switches, muchos de estos no podían ser actualizados a manejar tráfico digital por lo que también tuvieron que ser reemplazados.

4.12.1 Funcionalidades (Features)

Las estaciones TDMA pueden soportar uno, dos y tres sectores por celda, donde “celda” (célula) es el área de cobertura definida por un sistema de antenas y cada celda tiene un canal de control digital y un canal de control analógico.

En los sitios omni-direccionales se tiene una radio base por celda; en los sitios sectoriales se tiene una radio base por cada dos o tres celdas. Los transceptores son módulos multimodales y multi-funcionales (TRX) de tal manera que el mismo hardware puede ser utilizado para voz digital o analógica y para las funciones de control y monitoreo.

La reparación en línea (Hot Repair Capability) permite el reemplazo de unidades dañadas sin tener que apagar la estación base; esto es, durante las visitas normales de mantenimiento.

El monitoreo a control remoto permite el control y sintonización fina de todas las funciones y parámetros de la BTS, tales como potencia de salida, frecuencias y la conmutación de unidades redundantes.

El lazo de prueba de radio frecuencia (Radio Frequency Test Loop) habilita el ajuste preciso de salida de potencia, en base a las mediciones de SWR y las de intensidad de señal, realizadas por el “alarm and Receive Signal Strength Indicator” (RSSI).

El software de la unidad de radio es almacenado en un dispositivo de memoria no volátil dentro de la estación base.

El software de la parte de control es cargado desde el MSC, lo cual asegura el servicio en corto tiempo después del encendido de la radiobase. Se tienen equipos para interior y exterior.

4.13 Capacidad, de la BTS de 800MHz.

Las estaciones base típicas pueden operar a baja potencia, mediana potencia y alta potencia, en la banda de 824-894 MHz.

Hasta 78 transceptores pueden ser utilizados en una BTS de mediana/baja potencia, con una capacidad de 3x24 portadoras de mediana potencia más 6 canales de baja potencia o hasta 96 transceptores alta potencia, suministrando 3x32 portadoras, operando en todos los casos con tres canales por portadora.

4.13.1 Capacidad de la BTS a 1900 MHz.

Una BTS operando a la frecuencia nominal de 1900 MHz soporta D-AMPS EIA IS 136, y opera a 1850-1990 MHz (En las bandas A y B), pudiendo utilizar hasta 48 transceptores, lo cual nos proporciona 3x15 portadoras.

Datos técnicos

La tabla 4.2 nos proporciona los datos técnicos de una celda macro, usualmente proporcionados por el fabricante.

Table 2-1. Estación de Radio, BTS, Especificaciones Técnicas Generales			
Descripción		Especificación	
No. of transceivers (TRX) in each sector		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
No. of transceivers (TRX) in each TCB		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
No. of carriers		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Transmitting Characteristics			
Transmitting frequencyband		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Power into antenna feeder		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Channel spacing in combiner equipment		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Modulation Analoge Mode		Type	FM
		Peak frequency deviation, voice	±12 kHz
		Peak frequency deviation, Wideband data	±8 kHz
		Peak frequency deviation, SAT	±2 kHz
		Harmonic distortion	<2% at ±8 kHz DEV
		FM hum and noise	<-34 dB below ±8 kHz DEV
		AM hum and noise	<4% of carrier
Modulation, Digital Mode		Type	pi/4 - DQPSK
		Symbol rate	24.3 ksymbol/s
		Data rate	48.6 kbit/s
		Traffic channels for each carrier	3
		RMS error vector	<7
Receiving Characteristics			
Receiving frequency band		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Minimal receive channel spacing in one cell		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Receiver sensitivity (fading, 8-100 km/h, with diversity)		See Section 4.1.1 on page 2-10 to Section 4.1.5 on page 2-16.	
Demodulation, analog mode		Type FM	±12 kHz
		Peak frequency deviation, Voice	±8 kHz
		Peak frequency deviation Wideband data	2 kHz ±2 kHz
		Peak frequency deviation SAT	±2% at ±8 kHz DEV
		Harmonic distortion	>32 dB below ±8 kHz DEV
		Hum and noise	<4% of carrier
Demodulation, digital mode		Type	pi/4 - DQPSK
		Symbol rate	24.3 ksymbol/s
		Data rate	48.6 kbit/s
		Traffic channels for each carrier	3
PCM Connection			
PCM Connection ANSI T1.403-1989		Bit rate	1.544 Mbit/s
		Board connector	RPV 301 302/1
		Electrical characteristics	TR-NWT-000499
PCM Connection CCITT E1		Bit rate	2.048 Mbit/
		Board connector	1406 1/2
		Electrical characteristics	G.703
Format		Alternate Mark Inversion (AMI) and B8ZS formats; however, B8ZS should be used when possible. Both the superframe and extended superframe are supported. Bit robbed signaling is not used.	
Synchronization		Traceable to a Stratum 2 reference	
Power Supply			
DC Supply voltage		Nominal	27.2V
		Normal operation	26.2V to 27.4V
		Safe function	21.7V to 31.0V

Table 2-2. RBS 884 Macro 800 MHz Technical Specifications

Description	Specification	
No. of transceivers (TRX) in each sector	Low Power (LP) and Medium Power (MP)	26 in each sector (maximum)
	High Power (HP)	34 in each sector (maximum)
	Note: For analog, digital, or mixed systems. The numbers includes two TRXs in each sector which are used for receiver measurement and verification.	
No. of transceivers (TRX) in each TCB	LP	16 in each cabinet (maximum)
	MP and HP:	8 in each cabinet (maximum)
No. of carriers	LP and MP	24 in each sector (maximum)
	HP	32 in each sector (maximum)
Transmitting Characteristics		
Transmitting frequency band	869 - 894 MHz	
Power into antenna feeder (no attenuation, no RFTL ²)	Low Power	36.4±2 dBm
	Medium Power	40.7±2 dBm
	High Power	43.7±2 dBm
Channel spacing in combiner equipment	270, 360 or 630 kHz (autotuned)	
² With RFTL, the typical absolute output power accuracy in low power and medium power systems is ±0.5 dB (worst case value is ±1 dB), and the output power flatness is <1 dB over the transmit band. In high power systems, the output power accuracy for each carrier is -2.0/+1.0 dB at maximum power and -2.5/+2.0 dB at minimum power. With RFTL, the typical absolute output power accuracy is ±0.5 dB (worst case value is ±1 dB). The output power for any TRX varies less than 2 dB over the transmit band. Using power output calibration with RFTL, the output power flatness within the RBS varies less than 1 dB over the transmit band.		
Receiving Characteristics		
Receiving frequency band	824 - 849 MHz	
Minimal receive channel spacing in one cell	270 kHz	
Receiver sensitivity (fading, 8-100 km/h, with diversity, 3% BER)	Low Power and Medium Power	-113 dBm
	High Power (with TMA)	-114 dBm
TMA Gain	11±1 dB	

Tabla 4.2, Tabla típica de datos técnicos de una estación base de radio

4.14 Componentes principales de las Estaciones Base de Radio TDMA

Los principales componentes de la estación base TDMA son prácticamente los mismos que para el sistema AMPS, la variante más importante es el codificador de VOZ.

4.14.1 Antenas

Se debe instalar un nuevo juego de antenas para la BTS digital. O en caso contrario se deben instalar duplexores.

4.14.2 Feeders, Alimentadores coaxiales

No hay cambio, se usa el mismo tipo de feeders que para AMPS

4.14.3 Controlador de sitios celulares BSC

El controlador de la estación base (BSC) controla los Handoffs así como la compresión y descompresión de audio. Él sirve como interfase con el Switch a través de una interfase abierta conocida como Interfase A.

4.14.4 Equipo de Radio

El radio contiene modificaciones en la forma de manejo de la señal; se le agrega una etapa de codificación, la cual también esta contenida en la estación móvil.

El codificador de alta velocidad tiene una entrada a 64 Kbps y entrega 7.95 Kbps. El codificador utiliza el VSELP (Vector Sum Excited Linear Prediction) que es un muy eficiente compresor de señales de voz digitalizadas. En cada una de las muestras, con espaciamento de 20 mseg el codificador produce salidas de 159 bits, el software de protección de error agrega 101 bits extra a cada muestra. La calidad de voz del codificador es buena mientras no haya multitrayectoria (multi-path) y en caso contrario la voz puede sonar bastante mala, no importa que se utilice una buena técnica de corrección de error.

La complejidad del codificador es tal que es un buen contribuidor al consumo de potencia (600 Mw.) de los móviles de la primera generación dual mode.

4.14.5 Canales de RF

El máximo numero de portadoras para cada sector esta limitado por las configuraciones definidas en el estándar o por el fabricante, con base en la mínima relación C/I tolerable.

El tamaño del sector útil depende del plan de frecuencias. La capacidad es calculada de la misma manera que para sistemas analógicos.

4.14.6 Amplificador de Radio Frecuencia (RF Amplifier)

El amplificador de potencia de RF (PA) es un amplificador lineal que alimenta la señal a transmitir a la antena; tiene una eficiencia de aproximadamente 30%; esto es compensado de alguna manera por su ciclo de trabajo de 1/3, así que la mayor parte del tiempo el amplificador no está en servicio. El transmisor se aísla del receptor por medio de un switch, el cual permite el acceso a la antena o del receptor o del amplificador de RF; nunca ambos a la vez.

4.14.7 El Receptor

Similar al receptor de AMPS excepto que en lugar de un detector de FM tendrá un demodulador $\pi/4$ DQPSK. Una complicación adicional es la necesidad de ecualizar las señales entrantes para los retardos de la trayectoria. Estos retardos pueden ser causados por: la longitud de la trayectoria, por efectos de multitrayectoria (multipath) y por el corrimiento Doppler debido al movimiento del auto.

Para efectuar la ecualización se tiene un ecualizador adaptivo, el cual utiliza la palabra de sincronía (la cual es de un formato conocido) para determinar los retrasos (delays) que ha experimentado el timeslot y ajustarlo.

El procedimiento de recepción de audio es prácticamente el opuesto al de transmisión y es mostrado en la figura 4.4.

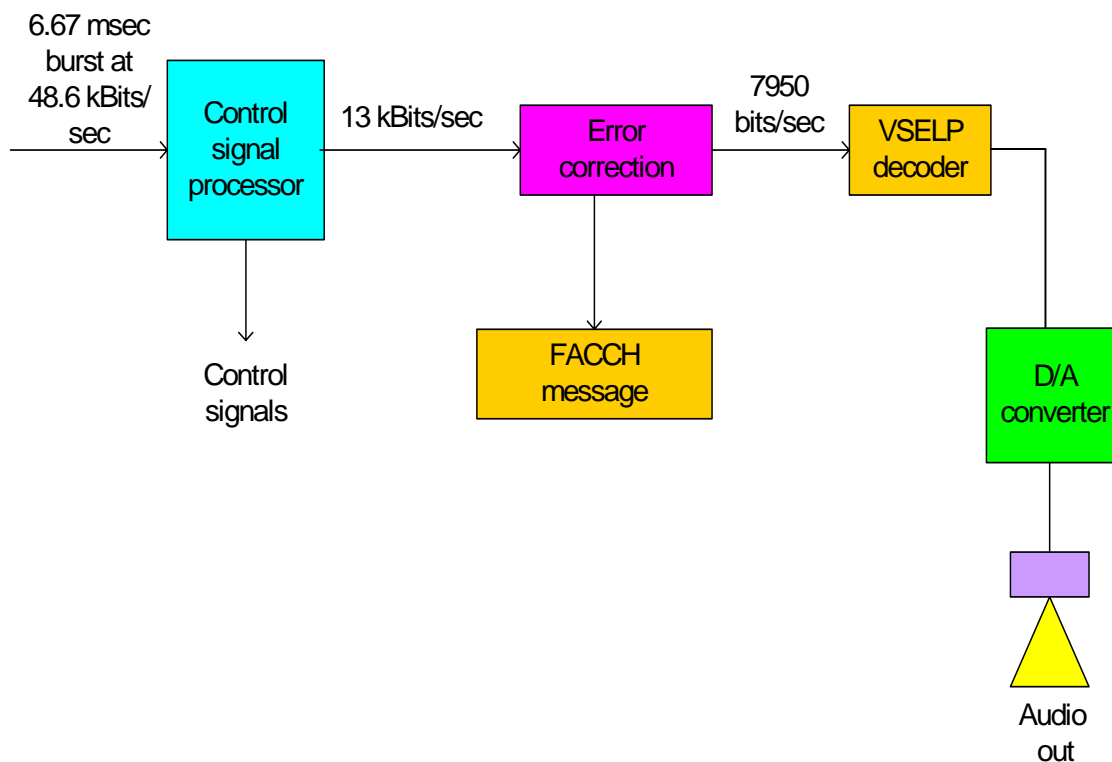


Figura 4.4 Procesamiento de audio en el receptor (The receiver audio processing)

4.15 Estructura de la Trama de TDMA

El objetivo fundamental de TDMA es obtener tres canales digitales por cada canal analógico reemplazado. El móvil muestrea el audio y lo envía en un timeslot de 20 mseg incluyendo el “interleaving”, como se muestra en la figura 4.5

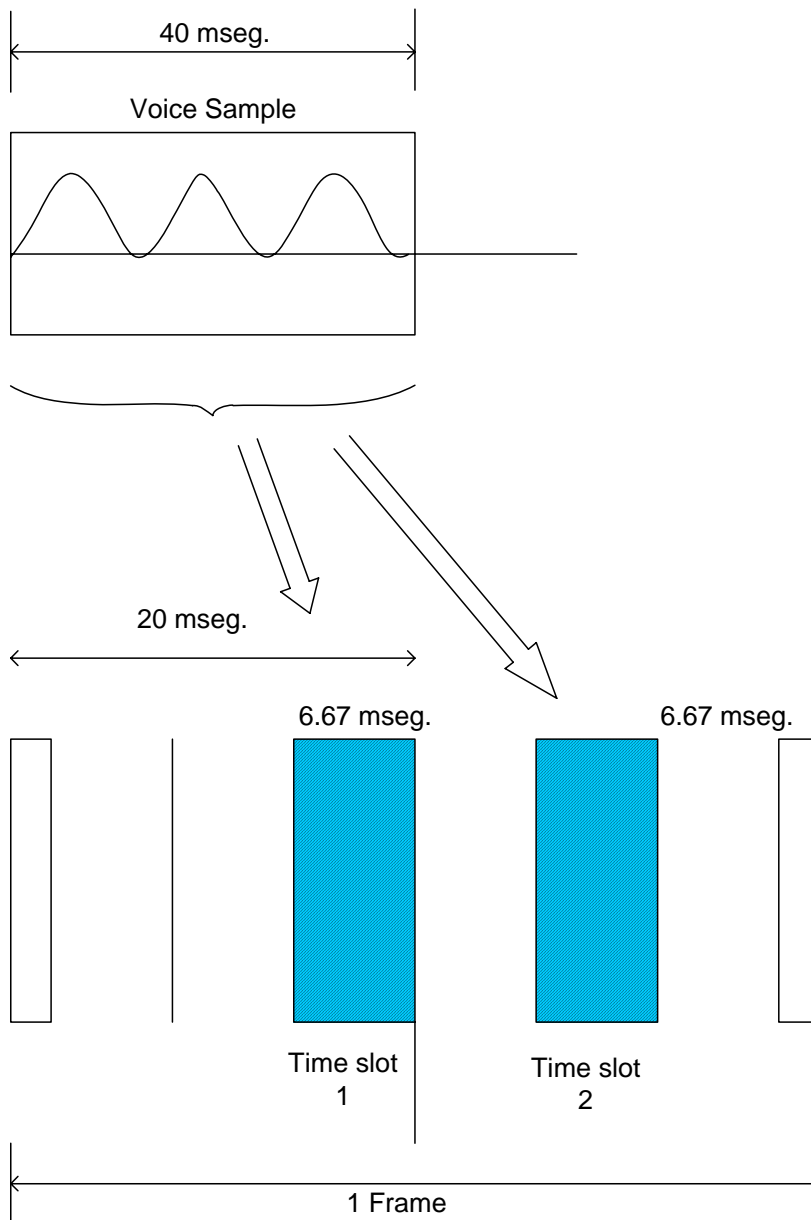


Figura 4.5 la señal analógica es muestreada y enviada en una “trama de tiempo comprimido” (compressed time frame) sobre dos ranuras de tiempo entrelazadas (interleaved time slots)

Las muestras son repartidas en 6 timeslots, cada uno de los cuales contiene información de habla, de sincronía y códigos de corrección de error, como se muestra en la figura 4.6.

Una trama de velocidad plena (full rate frame) contiene una ranura de tiempo de transmisión (Tx time slot), una ranura de tiempo de recepción (Rx time slot) y una ranura de tiempo libre (idle time slot).

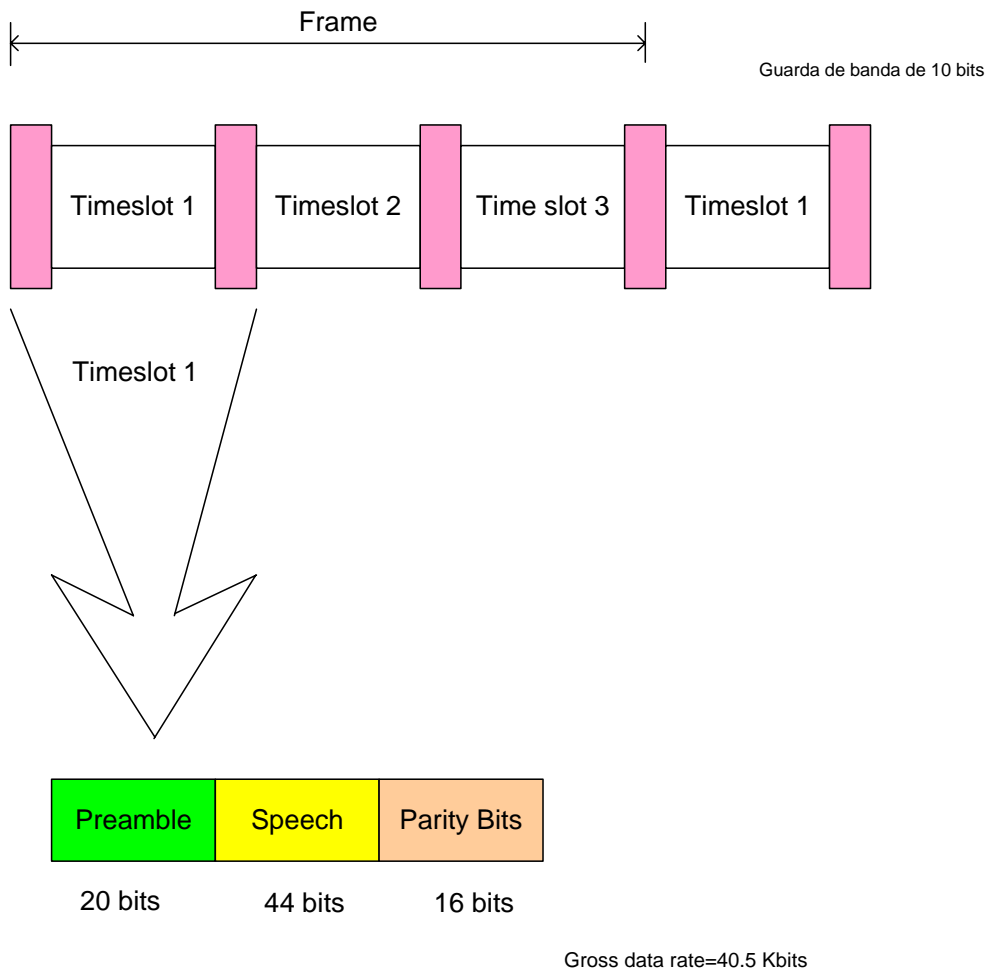


Figura 4.6 Estructura de una ranura de tiempo TDMA (TDMA Timeslot structure)

La sincronía de tiempo es obtenida realizando mediciones de los retrasos (delays) en los bits de sincronización lo que le indica al móvil la magnitud del retardo en la transmisión. El retardo por default (default delay) entre el móvil y la base es de 88 bits, este retardo puede estar adelantado o retrasado hasta en 30 bits en incrementos de un bit. Un bit es 20.55 micro segundos. Esto establece un límite superior en el rango de D-AMPS que puede ser calculado como sigue.

Retraso de sincronización = 30×20.55 microsegundos.

Adicionalmente el tiempo de guarda de 6 bits puede ser utilizado para comunicaciones de muy larga distancia, por tanto el retraso total es de 36 bits
 La trayectoria de ida y regreso = $300,000 \times 36 \times 20.55 \times 10^{-6}$ km. = 221.9 km
 La máxima longitud de la trayectoria es la mitad, por lo que tenemos 111 km
 (Aquí se debe tener cuidado cuando se utilizan repetidores)

4.16 Procesamiento del canal de voz

La señal de voz es primero pasada a través de un convertidor analógico-digital para producir una señal digital de 64 Kbps. Esta señal es entonces pasada a de un compresor (VSELP) el cual comprime la señal a 7950 bits/seg. Agregando la corrección de error nos lleva a tener un bit rate neto de 13 Kbps. Se puede decir que se agrega casi el 100% de redundancia para corrección de error. En la vida real la falta de una robusta corrección de error además de un codificador de baja velocidad (lo que significa que tiene muy pequeña redundancia) cuenta para la pobre calidad de sonido de D-AMPS en escenarios de considerable multi-trayectoria. De hecho en áreas con intensidad de señal baja y con considerable multitrayectoria, se presenta un zumbido de baja frecuencia el cual se incrementa en frecuencia y volumen de acuerdo a la proporción en que se degrada la señal. Aunque algunos piensan que este ruido es un disturbio, el GSM prefiere tener una alta redundancia y no tener que proporcionar señal de prevención al usuario de la existencia de baja intensidad de señal, procediendo directamente a cortar la llamada en caso de que se presenten problemas. La señal ya con protección de error es combinada con el canal de datos asociado y enviada por el codificador de canal a una velocidad neta de 16.2 Kbits/seg., como puede ser visto en la figura 4.10, es en esta etapa que el canal SACCH es agregado.

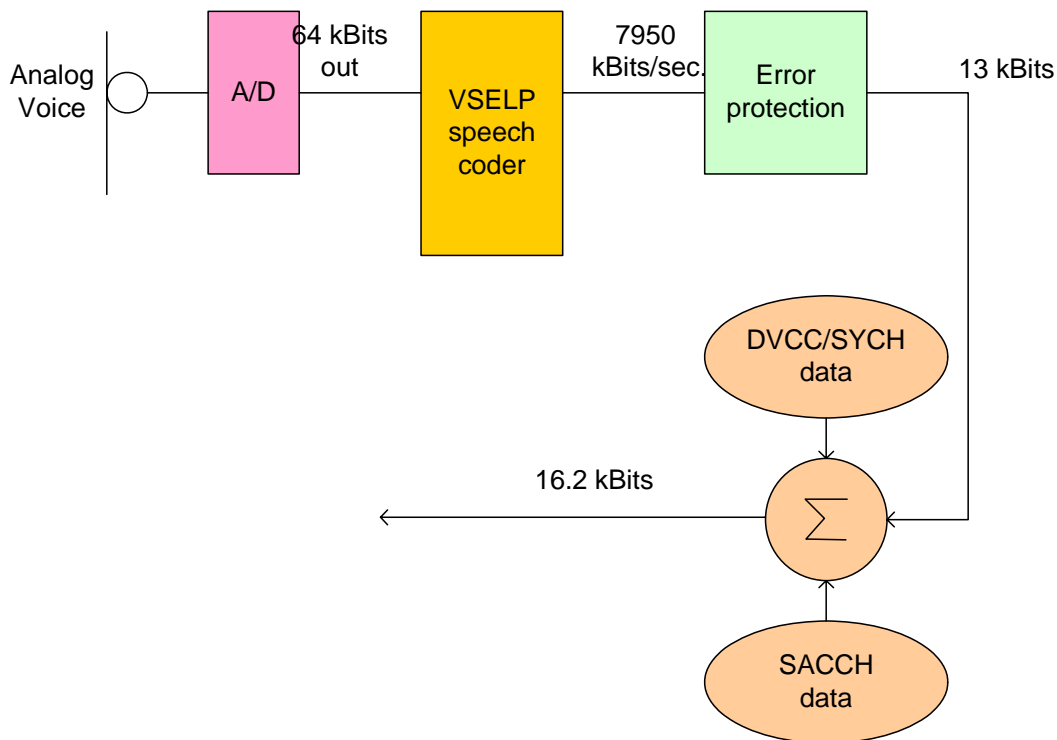


Figura 4.10 Procesamiento del nivel de audio en un canal de voz

La señal de audio en el canal, es entonces enviada al registro de almacenaje (storage register) el cual almacena digitalmente la muestra completa. Esta muestra es

almacenada hasta que el timeslot esta activo y el retraso (delay) correcto ha sido agregado (El retraso es determinado por la medición de los retrasos de la trayectoria). En este punto es cuando la señal almacenada es enviada a una velocidad tres veces mayor que la velocidad original. Como se puede ver en la figura 4.11

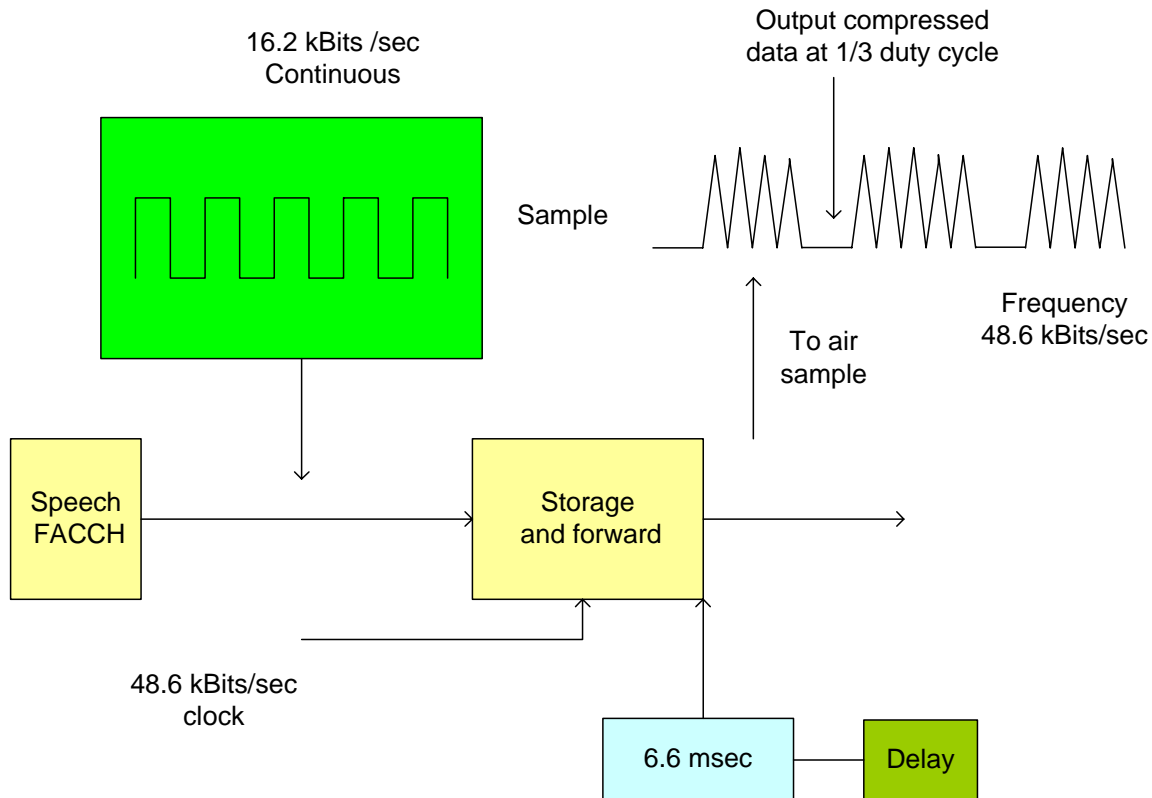


Figura 4.11 Procedimiento de almacenar y enviar usado en D-AMPS (Digital AMPS) con un tiempo de compresión de 3:1

4.17 Señalización, Canal de control

Ambas partes de la estación base, digital y analógica utilizan un canal de control común el cual utiliza la señalización FSK, aunque los canales de control secundarios (canales 696 a 716 en la banda A y 717 a 737 en la banda B) han sido reservados solamente para la señalización digital.

El canal de control de señalización es muy similar al de AMPS excepto que por medio de un bit dedicado se indica si el modo dual esta disponible y entonces se aplica nuevo formato para la asignación de los canales digitales.

4.18 Canal de señalización para voz analógica

La señalización de canal de voz analógico en una unidad dual es virtualmente la misma que para AMPS excepto que se ha agregado un mensaje adicional, que se utiliza para causar handoff hacia los canales digitales.

4.19 Canal de señalización para tráfico digital

Los comandos actuales en los canales digitales son muy similares a los que se tienen en AMPS aunque ellos a menudo se envían de una manera totalmente diferente. Por ejemplo la señalización frecuencia múltiple de doble tono (DTMF) la cual en AMPS es hecha “in-band” sobre el canal de voz; en TDMA es como una combinación de señalización “in-band” y “out-band”. La señalización DTMF in-band que pasa a través del codificador resulta en una mezcla que puede producir un tono no habilitado para ser decodificado en el otro extremo. Esta mezcla ocurre cuando los niveles relativos de los dos tonos que forman una señal DTMF son amplificadas diferencialmente y por tanto tienen niveles relativos incorrectos. El tono SAT (Signal Audio Tone) es reemplazado por el CDVCC (Digital Voice Color Code), el cual es enviado a la unidad móvil y realimentado a la estación base de la misma manera que el tono de SAT en AMPS. Esta es la forma de verificar la continuidad del audio del D-AMPS.

4.20 Canal de Control Asociado de Baja Velocidad

Un mensaje corto tiene una longitud de 132 bits, y cuando este es enviado sobre el canal SACCH (Slow Associated Control Channel) tendrá una velocidad máxima equivalente a 300 bits/seg. Con una velocidad de transporte efectiva (después de la codificación de redundancia) de 218 bits/seg. a plena velocidad (Full rate) y de 109 bits/seg. a un medio de velocidad (Half rate).

4.21 El mensaje Canal de Control Rápido Asociado

Mensajes más grandes pueden ser enviados reemplazando datos de habla con el mensaje FACCH (Fast Associated Control Channel), este modo de transmisión proporciona una velocidad efectiva de datos de 2.4 kbits /seg. para velocidad plena (full rate) y de 1.2 Kbits/seg. para canales de velocidad media (half rate).

4.22 Procedimientos de llamada para móviles en modo dual

De la misma manera que en analógico, en el modo digital, cuando se enciende el teléfono, este buscará los canales de control, leerá los mensajes de encabezado y entonces hará el log-on. Un teléfono móvil de modo dual, primero explorará la disponibilidad de los canales primarios de control con capacidad digital y si no los encuentra entonces explorará los canales secundarios con capacidad digital; si tampoco los encuentra, entonces regresará hacia los canales de control primario en modo analógico

4.23 Estado Libre (Idle)

En estado libre (Idle), los teléfonos digitales o analógicos monitorean los mensajes del sistema esperando por una llamada o para efectuar el log-on en caso de que el móvil haga roaming en otro sistema.

4.24 Acceso al sistema

La mayor parte del acceso al sistema es hecho de la misma manera que en analógico, excepto que el ESN (Electronic serial Number) no es enviado directamente ya que es codificado con datos secretos (que están compartidos) y es enviado en forma encriptada.

4.25 Conversación

El modo de conversación en el sistema digital es un poco más complejo que en el modo analógico ya que se envían varias clases de mensajes sobre el canal de voz.

El mensaje corto puede ser enviado sobre el canal asociado de control, de baja velocidad (SACCH, Slow Associated Control Channel) simultáneamente con un mensaje de voz. El canal de voz puede transportar mensajes de voz y mensajes de datos (canal asociado de control, alta velocidad, FACCH, Fast Associated Control Channel). Los formatos de estos dos mensajes son diferentes. El móvil primero intentará decodificar el mensaje de voz y si detecta que la estructura de la trama no cumple el formato esperado, entonces lo decodificará como un mensaje FACCH.

4.26 Capacidad del Canal de Control

En muchos lugares en donde se ofrece servicio digital y analógico simultáneamente, es necesario mezclar los sistemas analógicos y digitales en el mismo canal de control, con lo cual se incrementa la demanda de capacidad del canal. Para subsanar este inconveniente, el canal de control puede ser dividido en canales de acceso y de alerta, “access y paging channels”, para incrementar su capacidad. Es necesario notar que estos segundos canales reducen el número disponible de canales de voz.

En una configuración solamente analógica, aunque es posible dividir el canal de control, hay pequeña ganancia porque la función de alerta (paging) no utiliza el canal de regreso (reverse channel), y el canal de acceso (access channel) hace relativamente un uso pequeño del canal hacia adelante.

Cuando se tiene disponible en un sistema dual el paging y el acceso separado, las funciones digitales serán asignadas en reversa a las analógicas; esto es, el canal de paging analógico será el canal de acceso digital y viceversa, así que el uso total será sin problemas de carga.

4.27 Antena Duplexers

Debido a que en la radiobase los transmisores y receptores comparten el mismo sistema de antenas, es forzoso utilizar duplexores que deben optimizarse al máximo, ya que estos “cobran un impuesto” del 50 % de la potencia para impedir que la señal de los transmisores llegue a los receptores.

4.28 Equipo de suministro de Fuerza

Con respecto a los sistemas analógicos no hay requerimientos de suministro de energía eléctrica adicionales por lo que no hay ahorros en esta parte del sistema.

4.29 Medio de Transmisión entre el Switch y las RBS (Backhaul)

Cada canal de voz en la estación base (BTS, Base Transceiver Station) normalmente es manejado a 64 kbit/seg. y conectado al multiplexor de la BTS. Eficiencia adicional se puede obtener transmitiendo la información de la estación base hacia el MSC en forma comprimida tomando los canales de voz a 8 Kbits/seg. Utilizando un multiplexor de 8 a 64 Kbits/seg. Esta información todavía pasa a través del codificador y del convertidor A/D, figura 4.12

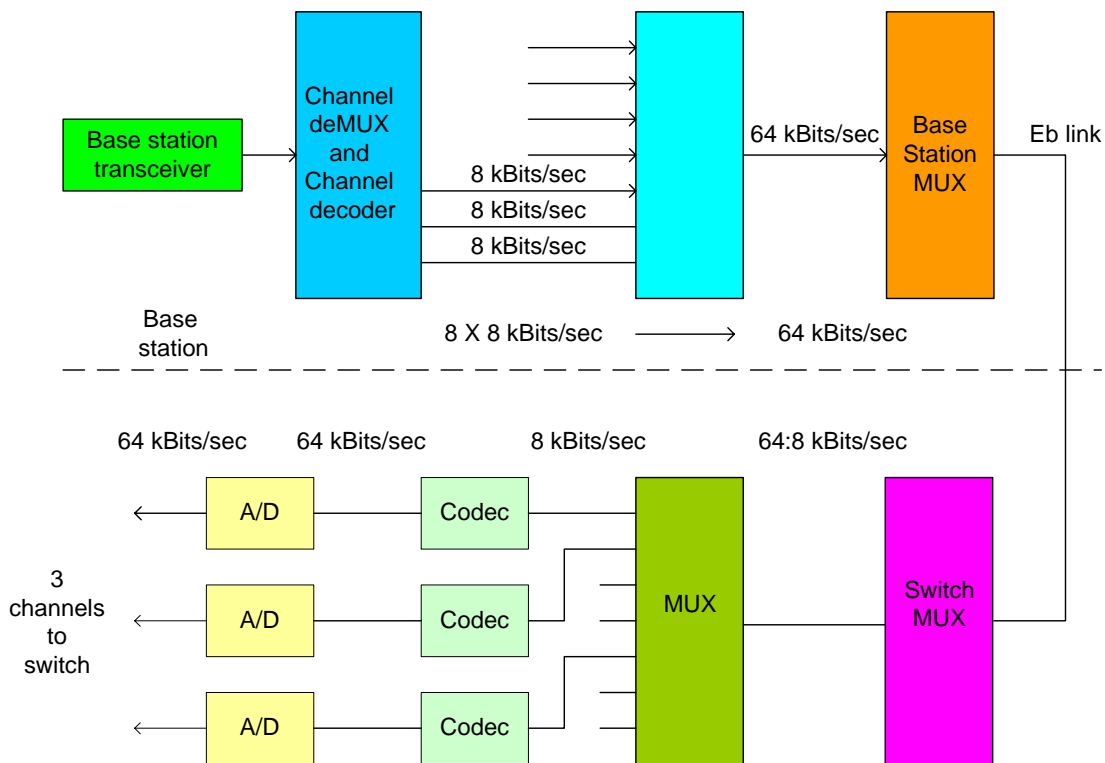


Figura 4.12 La transmisión (en el canal) más eficiente ocurre a 8 kBits/seg

4.30 Análisis comparativo entre D-AMPS y TDMA

Hay un cierto número de funciones que ambos sistemas ejecutan; por ejemplo, el Handoff Móvil Asistido y otras funciones que están mejor implementadas en uno que en otro.

4.29.1 Handoff Móvil Asistido (Mobile assisted handoff)

A los teléfonos digitales se les ha agregado el feature de Handoff Asistido (MAHO Mobile Assisted Hand-Off) el cual hace más rápidos los procedimientos de handoff y reduce los procesamientos de los encabezados en la estación base. El móvil puede monitorear la intensidad de señal y el promedio de errores de bits (bit error rate) de hasta 12 canales durante los timeslots y cuando el no está recibiendo datos reporta los resultados de su exploración a la estación base sobre los canales SACCH o FACCH. La estación base envía esta información hacia el manejador de estaciones base el cual analizará la información en conjunto con la central celular y la decisión de efectuar el handoff será ordenada a la estación base y de allí a la estación móvil.

4.29.2 Ventajas y Desventajas de TDMA

Ventajas de TDMA

Menos canales de radio (HW), ya que ahora con cada transceptor se tienen 3 canales.
No son necesarios los duplexores
Bajo consumo de potencia
Será compatible con las futuras tecnologías digitales

Desventajas de TDMA

Necesidad de lógica adicional
Necesidad de apagar y encender los transmisores (dispositivo bastante caro)
Altos costos de desarrollo y tiempos más largos de fabricación.

4.29.3 Desventajas de D-AMPS

1. El CODEC en D-AMPS cuando es utilizado en un escenario multitrayectoria produce un sonido de voz metálico.
2. La sensibilidad de los receptores de D-AMPS es pobre y no pueden alcanzar el funcionamiento que tiene el sistema AMPS con señales bajas.
La sensibilidad nominal es de -103 dBm y algunos receptores operan hasta -106 dBm. Esta baja sensibilidad significa que la celda no alcanzará el mismo rango de cobertura que AMPS y que el funcionamiento en interiores será pobre.

Esta baja sensibilidad también estará en contra de la capacidad de re-uso y los diseñadores del sistema tienen un compromiso entre la futura capacidad de re-uso con la cobertura actual. Para obtener una buena penetración en interiores el diseñador tendrá que ubicar las estaciones base por cobertura lo que es contrario a la tesis de colocarlas por máximo re-uso de frecuencias. Es esta baja sensibilidad la que tendrá el impacto más grande en la capacidad del sistema y probablemente lo limitará de la misma forma como ha limitado al sistema analógico hasta ahora.

3. En ambientes de Multi-trayectoria (Multipath) la señal de D-AMPS se degrada acompañada de ruidos. En áreas de baja señal, la señal se desvanece acompañada de ruidos y será alcanzado un punto donde la señal falle completamente. El usuario experimenta algo mucho más que una caída de llamada (drop call); sin embargo, si el movimiento continúa y se encuentra una señal mejor, el móvil establecerá contacto nuevamente.

4. Interferencia hacia otros sistemas.

5. Interferencia de canales de la banda A produce degradación del bit error rate (BER) en la banda B

6. El Handoff asistido (Mobile Assisted Handoff) es requerido para trabajar solamente con una exactitud de $\pm 5\text{db}$ (por especificación) esto amplía la inconsistencia en el funcionamiento del móvil.

8. la velocidad de exploración de la radio base (scan rate) es baja debido al tiempo utilizado en la sincronización de canales

9. El funcionamiento de la razón Interferencia/portadora de DAMPS no es mucho mejor que AMPS. Es posible que no pueda operar en un escenario o configuración $N=4$. El funcionamiento I/C es particularmente pobre a niveles de señal pobre.

10. Móviles de manos libres (Hands free) no trabajan en TDMA, los retrasos del sistema celular chocan con los retrasos del procesamiento de señales del equipo de hands free.

4.30 Medio de Transmisión MSC-PSTN

Ver información para sistema analógico.

4.31 Ingeniería Celular Digital, TDMA

Es una parte importante dentro del proceso de decisión en la selección de sistemas celulares; es aquí donde se identifica la viabilidad técnica de los sistemas celulares,

la calidad de su funcionamiento, la flexibilidad de su crecimiento y el grado de compatibilidad con las nuevas generaciones y nuevas tecnologías en desarrollo.

En el capítulo de analógico AMPS se ha hecho una descripción que cumple para TDMA o D-AMPS.

4.31.1 Ingeniería de RF

No hay grandes cambios en la ingeniería de RF, es similar a la de AMPS. Esto tiene que ver con la selección y operación de los transmisores, receptores, antenas y toda la ferretería asociada. Esta parte también debe incluir la solución de los problemas de propagación.

4.31.2 Interfase Aérea.

Uno de los recursos más importantes del sistema de telefonía celular es el espectro, que es el ancho de banda asignado a cada uno de los operadores celulares por la agencia de comunicaciones de cada país. En TDMA podemos ver que gracias a la codificación de la señal de la voz se pueden tener hasta tres conversaciones por un canal de 30 kHz que en analógico solo podía llevar una conversación. Ver figura 4.17

4.31.3 Distribución del espectro de frecuencias en DAMPS (TDMA).

D-AMPS (TDMA), utiliza la misma banda de frecuencias que AMPS, en la banda de 850 MHz, Su capacidad es la misma en sistema original y en el extendido. La separación entre un canal de Tx y Rx es de 45 MHz

Se tienen que liberar partes del espectro de AMPS para colocar la tecnología digital TDMA. Una de las mejores soluciones sería liberar el espectro extendido y colocar allí la parte digital. En los sistemas grandes y complejos, se deben liberar partes del espectro teniendo cuidado de no incrementar la interferencia del sistema.

En el capítulo anterior se puede observar la distribución original y extendida del espectro para los canales hacia delante (Forward channels) y para los canales hacia atrás (Reverse channels).

4.31.4 Método de acceso y tipo Modulación

En un sistema TDMA se manejan dos procesos, que son el método de acceso y el tipo de modulación. Estos dos procesos definen el ancho de banda a utilizar.

4.31.5 El método de acceso

Las técnicas de acceso múltiple se utilizan para permitir que varios usuarios móviles puedan compartir el servicio telefónico. En D-AMPS se combinan FDMA y TDMA. Al usuario que hace uso del sistema se le asigna un canal de frecuencia y dentro de ese canal se le ubica en un time slot. Ver figura 4.13

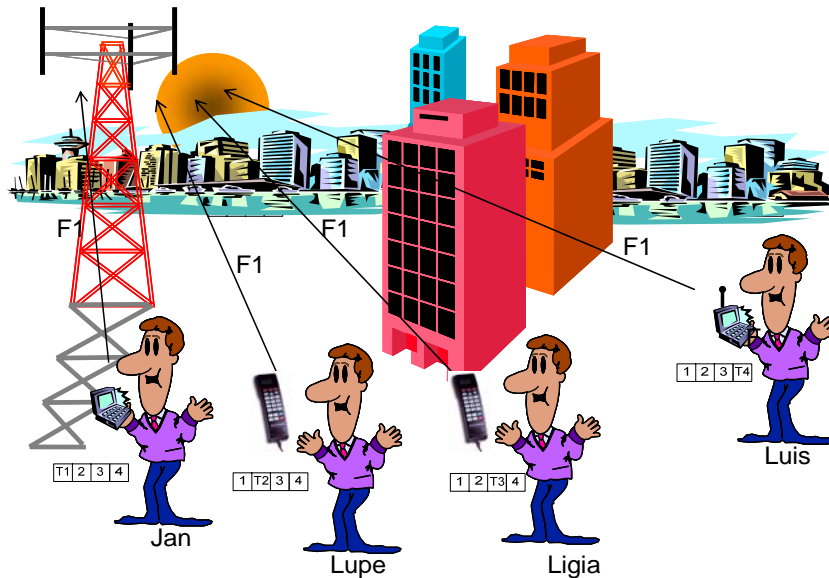


Figura 4.13 Método de acceso TDMA

4.31.6 El Método de Modulación

Modular es hacer variar algún parámetro de una señal en función de otra. A la primera se le conoce como señal modulada y a la segunda como señal moduladora. Modulación es el proceso mediante el cual se agrega información a la portadora de radio y en donde el ancho de banda de esta se expande. Las modulaciones digitales son similares a las analógicas, con la diferencia que en el primer caso la moduladora es binaria. De las tres modulaciones posibles, se utiliza la que proporcione al sistema la mayor inmunidad con respecto al ruido y a la interferencia. En este caso, la modulación de fase es la adecuada, ya que para que el receptor se equivoque, el ruido tiene que anular la señal transmitida y sustituirla con otra de la misma frecuencia pero con una fase diferente, lo cual es probabilísticamente un poco difícil.

4.31.7 Código de identificación de sistema (System Identification)

El código de identificación del sistema (SID) se le asigna a cada sistema celular, este código sirve para que la estación móvil identifique al sistema que le esta

proporcionando el servicio. Este código es transmitido por cada estación base dentro de los mensajes de control, asimismo este número está programado en la estación móvil y cuando lo recibe, la estación móvil conoce información acerca de su sistema de casa (Home)

4.32 Handoff entre Sistemas (Intersystem Handoff)

En ciudades de alto tráfico, y alta densidad de usuarios se requiere más de una central celular (MSC); por ejemplo, en el D.F. se tienen mas de 10 MSC, por lo que la ciudad se divide en zonas servidas por cada una de estas MSC; por consiguiente, un móvil durante su recorrido podrá ser atendido por diferentes sistemas, realizándose el intersystem hand-off en cada cambio de sistema.

4.33 Conclusiones:

Como se puede ver, el paso hacia la tecnología digital no ha sido fácil. Las empresas celulares perdieron usuarios debido a la mala calidad de voz los sistemas iniciales. Una vez que se consiguió solucionar estos problemas se pudieron conseguir avances significativos en:

- Reducción de hardware (menos transceptores)
- Teléfonos con mayor vida de batería (no se requiere filtro duplexor)
- Mas eficiente uso del espectro (tres conversaciones por el mismo ancho de banda)
- Nuevos protocolos de señalización como IS-41 que hizo posible la interconexión entre centrales celulares reduciendo en forma significativa el fraude
- Mejores algoritmos de autenticación.
- Nuevas funcionalidades, como el handoff asistido que mejora la velocidad de respuesta a la solicitud del móvil.
- Iniciaron las aplicaciones, como el envío de mensajes cortos por el canal de señalización.

Veremos en los próximos capítulos como continúa la evolución de la telefonía celular hacia la digitalización total.

Capítulo 5
Red de Acceso Múltiple por División de Tiempo
GSM

5	Introducción.....	122
5.1	Implementación	123
5.2	Encriptado.....	123
5.3	Problemas con la fase 1 de GSM.....	123
5.4	La interfase de Radio Frecuencia.	124
5.5	Banda de frecuencias.....	125
5.6	Modulación.....	126
5.7	Estructura de la Trama de GSM	129
5.8	Transmisión de datos	130
5.9	Integridad del Enlace	130
5.10	Sincronización.....	132
5.11	Manejo de la Multitrayectoria.	132
5.12	Consideraciones del Sistema.....	133
5.13	Central Celular (MSC Mobile Switching Center).....	134
5.14	Base de datos de abonado local (HLR (Home Location Register)	134
5.15	Centro de autenticación, AuC (Authentication Center).....	135
5.16	registro de identidad de equipo, (EIR Equipment Identity Register)	135
5.17	base de datos de abonados móviles visitantes (VLR Visitor Location Register)	135
5.18	Registro o base de datos de Identidad de equipo, (Equipment identity Register EIR).....	135
5.19	Handover entre centrales celulares (Handover Inter-MSC)	136
5.20	Servicios Activados para el Abonado	136
5.21	Servicios de mensajes cortos (Short Message services).....	136
5.22	Sistema de Post-procesamiento de Datos (Data Post Processing System DPPS).....	136
5.23	Controlador de estaciones Base (Base Site Controller) BSC.....	137
5.24	Estación base transceptora (Base Transceiver Station, BTS)	137

5.25 Configuración de la red.....	138
5.26 Frequency Hopping.....	138
5.27 Registro de localización (Location registration).....	140
5.28 Mensajes cortos.....	140
5.29 Mensajes cortos en modo broadcast	140
5.30 Móviles de GSM.....	140
5.31 Selección opcional de la red	141
5.32 Facilidades opcionales	141
5.33 Control de Acceso	141
5.34 Tarjetas Inteligentes	142
5.35 Ancho de banda total disponible en GSM.....	143
5.36 Conclusiones.....	143

5 Introducción

Las especificaciones de GSM son orientadas a tener asegurada la compatibilidad entre los productos de diferentes fabricantes; lo cual se logra especificando cuidadosamente las interfases entre los diversos componentes del sistema. Tal vez esta precisión tiene algo que ver con que GSM haya sido originado por un estudio Francés Alemán en 1981, el cual mas tarde evolucionó a un estándar Americano/Europeo.

Este desarrollo en cierto modo es sorprendente, ya que ha sido el proyecto no militar de radio más complejo que se ha logrado hasta ahora.

Europa es la principal plataforma para GSM, y ha sido a través de acuerdos con los diferentes gobiernos de Europa como se ha asegurado su éxito.

En la actualidad se puede decir que es el estándar más popular en el mundo, ya que en América la mayoría de los sistemas se han migrado hacia este. La disponibilidad de frecuencias es ahora un problema en los sistemas GSM que proveen servicio a las grandes ciudades, donde enfrentan congestión e interferencia.

La calidad de voz de GSM es comparable con la de los aparatos analógicos y al igual que otros sistemas digitales, GSM ofrece una buena confidencialidad e inmunidad al fraude, el cual fue el mayor problema en el sistema analógico, alcanzando los operadores cifras de un 5 a un 25 % del total de las llamadas hechas.

Las estaciones base de GSM son significativamente más económicas que una radio base de 8 canales de los competidores; sin embargo, esto no significa que la implementación de GSM sea barata, ya que se necesitan más estaciones base para cubrir la misma área que con el estándar analógico (850 MHz). Como la mayoría de las estaciones base de radio son sectorizadas, la capacidad mínima de una estación base debe ser de 24 canales; o sea, tres sectores con 8 canales cada uno

Todas las estaciones deberán tener al menos una portadora redundante (3+1 portadoras con 8 canales cada una) lo cual nos lleva a una capacidad instalada de al menos 32 canales.

En caso de que no se tenga la facilidad o feature que permite el pooling o compartición de canales, con el transceptor redundante, entonces la capacidad de la radiobase debe ser incrementada a tener al menos dos portadoras por sector. Y si adicionalmente se desea agregar redundancia por sector esto nos llevaría a una capacidad mínima de 64 canales (2+1 portadoras por sector con 8 canales cada una) por estación.

La gran complejidad de GSM es su debilidad y fortaleza, ya que si todos los features estuvieran disponibles y trabajaran satisfactoriamente el sistema sería superior a

cualquier otro y podría ofrecer mayor eficiencia de espectro (hasta ahora estos mejoramientos se puede decir que están entre 0.8 y 2.5 veces la capacidad de AMPS).

5.1 Implementación

GSM fue implementada en dos fases, la fase 1 introdujo el sistema en la banda de 890-915 MHz y 935.960 MHz, aunque la expansión europea inicial fue limitada a un ancho de banda de 2 MHz (888-890 MHz y 933-935 MHz)

La fase 1 tuvo un grupo de features limitado y no incluía “frequency hopping” en la parte de la infraestructura. Y aunque el sistema podía funcionar sin esta facilidad, esta era muy necesaria, ya que proporciona una ganancia similar a la obtenida con la técnica de diversidad en espacio, lo cual es vital para alcanzar una mayor cobertura.

5.2 Encriptado.

Un avance significativo de los sistemas digitales es la habilidad de proporcionar una trayectoria de habla segura. GSM utiliza el algoritmo A5 el cual es un código de encriptado de alta seguridad

5.3 Problemas con la fase 1 de GSM

1. La sensibilidad (mínima intensidad de señal que puede ser detectada por el receptor) de la fase 1 de GSM es significativamente más baja que la de los sistemas analógicos; aproximadamente en 14 dB; esto es consistente con la sensibilidad de -104 dBm de los transceptores (móviles y estaciones base) lo cual es bajo comparado con la especificación de AMPS de -116 dBm y con la mayoría de los móviles, que alcanzan -118 a -120 dBm.

Las cifras anteriores implican que el número de estaciones base de GSM debe ser de 4 a 10 veces el número de estaciones base del sistema analógico para obtener la misma calidad y cobertura, y esto también significa que el servicio dentro de los edificios experimentará problemas de cobertura.

Es posible ver la diferencia entre tamaños de cobertura, en las carreteras donde las estaciones analógicas se han colocado a cierta distancia y ahora cuando se reemplazan las celdas analógicas por digitales, es necesario colocar sitios intermedios (de 4 a 5) para poder cubrir lo que antes se cubría con dos sitios. Las expectativas de un buen reuso de frecuencia disminuyen cuando se tienen que colocar numerosas estaciones en forma tan cercana; esto nos dice que GSM no alcanzará un reuso de frecuencias eficiente y se puede decir que es casi igual de eficiente que el sistema analógico.

2. Una de las funcionalidades de GSM, llamada presencia de bajo ruido en el umbral “Low Noise presence until the threshold”, es en si misma la prueba de los problemas que se presentan en áreas de multi-trayectoria. Cuando ocurre una pérdida de intensidad de señal (desvanecimiento) por efecto de la multi-trayectoria (local multipath fade) ocurre una caída instantánea de la llamada, en lugar de que se

deteriore gradualmente como sucedía en el sistema analógico; esto ha llegado a ser tan molesto para los usuarios que se ha tenido que insertar ruido en la señal para indicar que pronto se perderá la comunicación.

5.4 La interfase de Radio Frecuencia.

La interfase de aire de radio frecuencia es conocida como Um, y ha sido diseñada para utilizar el mismo espectro que utiliza el sistema analógico. Los niveles de potencia de RF son similares a los utilizados en sistemas existentes y al utilizar las técnicas de “spread spectrum” cada portadora tendrá un ancho de banda de 200 KHz. La interfase de RF ha sido especificada en base a las necesidades de alta capacidad y alta velocidad de handoff.

Algunos de los parámetros de RF son:

- Rango de frecuencia Tx 935.2-959.8 MHz
- Rango de frecuencia Rx 890-915 MHz.
- Espaciamiento de canales: 200 KHz para 8 canales o 16 medios canales
- Potencia de RF: 32 Watts base station/carrier
- Sensibilidad para 1% de BER (Bit Error Rate): -103 dB aproximadamente.
- Pasos de potencia (Power steps): 15 de 2 dB cada uno.
- Relación Portadora/Interferencia: 10-13 dB.
- Opera a C/N de 10-12 db
- 1000 canales a plena velocidad (16 kbits/segundo) o 2000 canales de media velocidad.
- Capacidad de tráfico: 40 Erlangs.
- Estructura celular planeada para 3/9 o 4/12 (125 canales)

La interfase de RF utiliza frequency hopping (217 saltos por segundo) resultando una diversidad en frecuencia que proporciona un reducido bit error rate a una cierta proporción de señal a ruido y una inmunidad mejorada a la interferencia. La interface también suministra canales Bm de alta velocidad y canales Lm de media velocidad. Los canales half rate utilizan codificadores digitales de voz CODECs (digital speech encoders) que casi no tienen degradación en la calidad de la voz.

La ecualización de los retrasos de la propagación permite un tiempo absoluto de retraso de hasta 233 microsegundos. Esto es necesario para asegurar la sincronización de los datos. El sistema puede incluso funcionar con una dispersión de 16 microsegundos.

Un valor para la relación portadora/interferencia de 12 a 14 dB es más real que el de 10 a 13 dB especificado originalmente. GSM es muy sensible al factor C/I por lo que la degradación del C/I es muy marcada cuando se aproxima a su valor límite.

La interferencia co-canal sigue apareciendo como un problema en GSM y es necesario que los canales del sitio tengan una separación de al menos un canal (ancho de banda de 200KHz).

5.5 Banda de frecuencias.

La banda de frecuencias de GSM que es de 890-915 MHz es mostrada en la figura 5.1

Tx 890-915 MHz

Rx 935-960 MHz.

El espectro de GSM tiene 25 MHz (x2) para canales duplex y un espaciamiento de 45 MHz entre cada canal de transmisión y recepción.

Los 25 MHz son divididos en 124 canales de 200 kHz

Estos canales de 200 kHz utilizan técnicas de TDMA para tener una capacidad de 8 canales de voz.

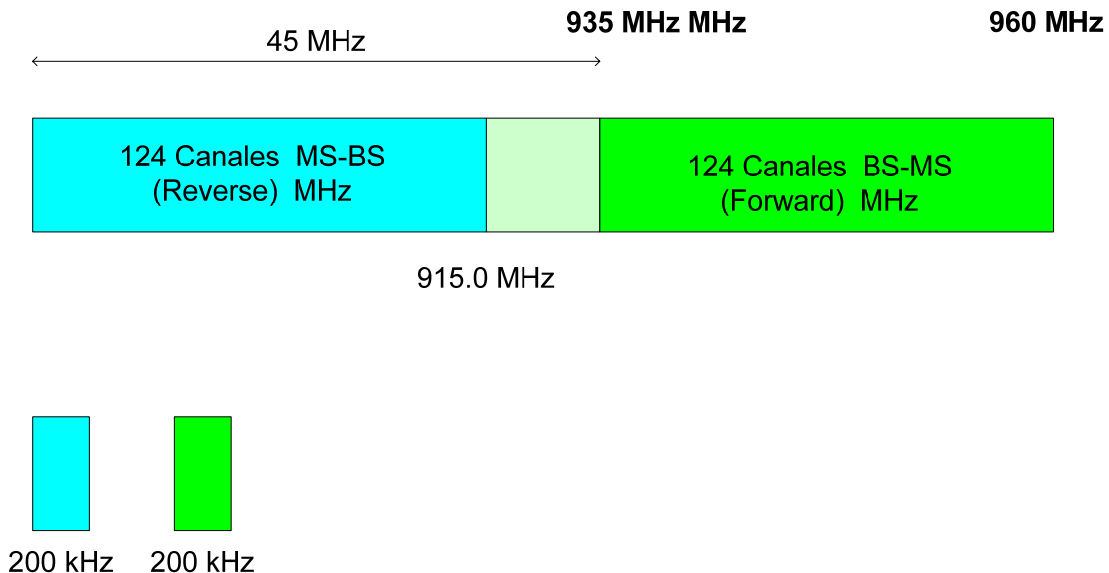


Fig. 5.1 Banda de frecuencia de GSM

En la mayoría de los países se tienen tres operadores celulares y debido a la baja tolerancia que tiene GSM a la interferencia de canal adyacente, usualmente se coloca una banda de guarda entre las portadoras de los diferentes operadores. Si la interferencia ocurre en el enlace de subida (Estación Móvil-Estación Base) se corrige colocando algún filtro, pero es imposible controlarlo cuando se presenta en el enlace de bajada (Estación base-Estación Móvil).

El problema es peor cuando el móvil esta utilizando una celda lejana y esta siendo bloqueado por la portadora adyacente de un operador cercano. La única solución a esto es la coordinación con los operadores cercanos durante el diseño del plan de frecuencias.

Un canal de GSM, tiene capacidad de 8 canales de voz, Ver Fig. 5.1-A

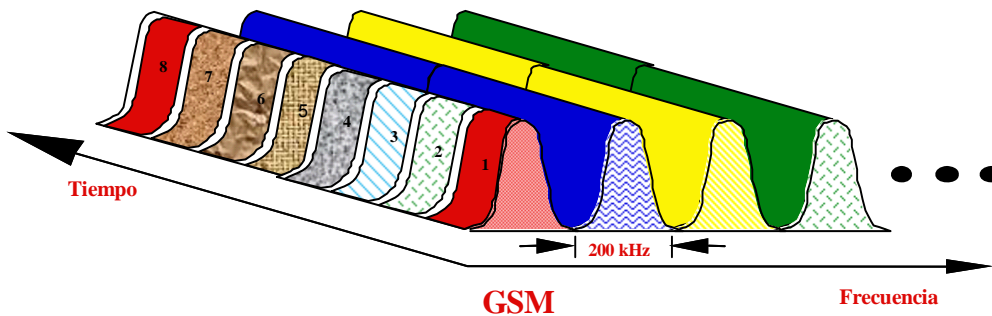


Figura 5.1-A Canal de GSM, (Capacidad de 8 canales basado en técnicas TDMA)

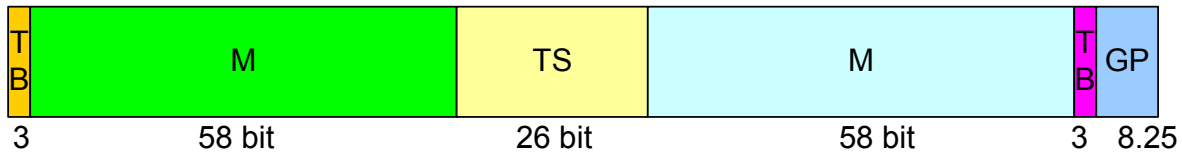
5.6 Modulación

El método de modulación usado por GSM es el Gaussiann Minimun Shift Keying, que es una modulación de frecuencia binaria con mínima separación de las frecuencias correspondientes al uno y al cero. Adicionalmente a esta técnica, al igual que en todos los sistemas digitales, utiliza un codificador/decodificador (CODEC) del tipo RPE-LTP (Regular Pulse Excitation with Long Terms Prediction) para muestrear y codificar la señal de voz de tal manera que tome ventajas de la redundancia del habla para efectuar la compresión del código.

Debe tenerse en cuenta que debido a que el CODEC hace un codificado específico para la señal de voz, este no es transparente a señales de datos analógicos (Modem); esto es, si es necesario enviar datos el CODEC debe ser evitado.

Se provee capacidad de envío de datos a velocidades de 12 kbits/s, (capacidad neta de 9.6 kbits/s), 6 kbits/s (capacidad neta de 4.8 kbits/s de datos) y 3.6 kbits/s (capacidad neta de 2.4 kbits/s de datos).

La velocidad de entrada al CODEC es de 8000 muestras/segundo, las que sufren una conversión A/D a 13 bits/muestra; a partir de esta señal binaria, el CODEC produce ráfagas de 260 bits cada 20 msec, que es una velocidad de 13 kbits/segundo. A esto se agrega el paquete de bits para la protección contra errores, con lo que la velocidad se incrementa a 22.8 kbits/seg. Finalmente se le agrega información de señalización y sincronización y bandas de guarda como se muestra en la estructura de la figura 5.2. Estos bits adicionales incrementan la velocidad neta a 33.9 kbits/seg.



TB Tail Bits
M Message
TS Test Sequence
GP Guard Period

Figura 5.2 Estructura del Time Slot

Una facilidad o feature de GSM para ahorrar batería es el uso de la “transmisión discontinua”, en la cual, un dispositivo detector de voz apaga el transmisor cuando no hay señal de voz, en este caso a la salida del CODEC se le agregan bits de paridad lo cual da como resultado time slots con palabras de 2x57 bits, como se muestra en la figura 5.3

La salida del CODEC es transmitida en un time slot junto con “tail bits” y “training bits” los cuales son usados para extraer información de tiempo. Esta información de tiempo es utilizada para modelar el canal de transmisión de modo que se le pueda agregar una ecualización apropiada. Aparte de de la información de canal, otros datos pueden aparecer en el time slot, figura 5.4

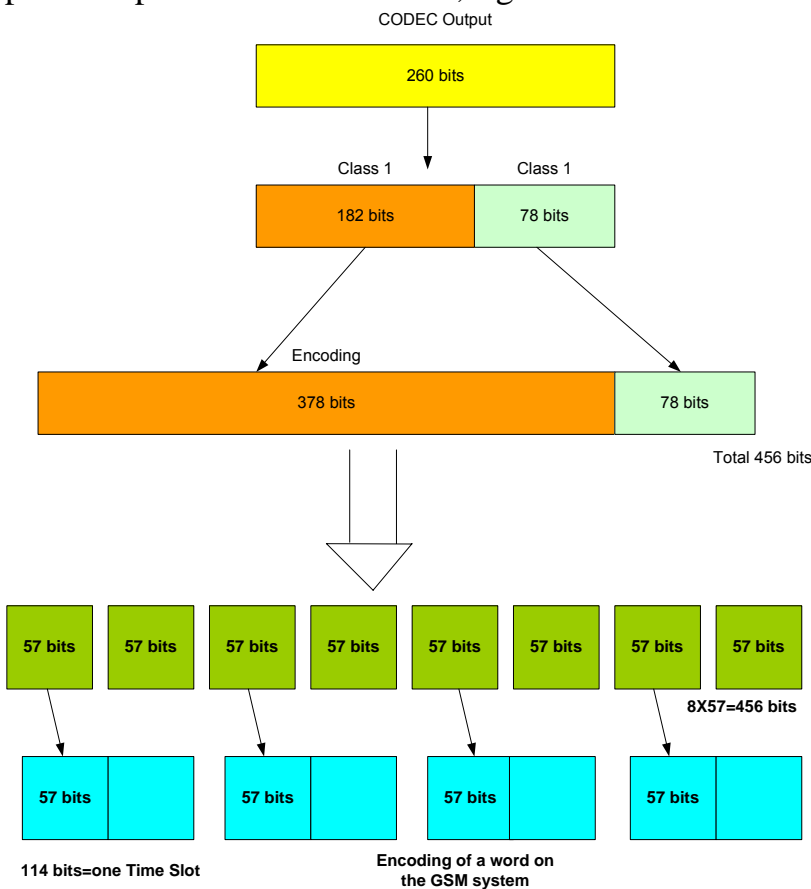


Figura 5.3 Estructura del CODEC de GSM

La ráfaga de acceso es una ráfaga abreviada (shortened burst) utilizada por el móvil para su primer intento de acceso no sincronizado al sistema. La ráfaga de corrección de frecuencia transmite la instrucción al frequency hop.

Los periodos de silencio (quiet periods) que ocurren cuando el transmisor esta apagado crearon ciertos problemas de incertidumbre al usuario por lo que para evitar esto, se inyecta “ruido de confort”. La figura 5.5 muestra como se realiza esta inyección y también las principales funciones del procesamiento de la señal de voz.

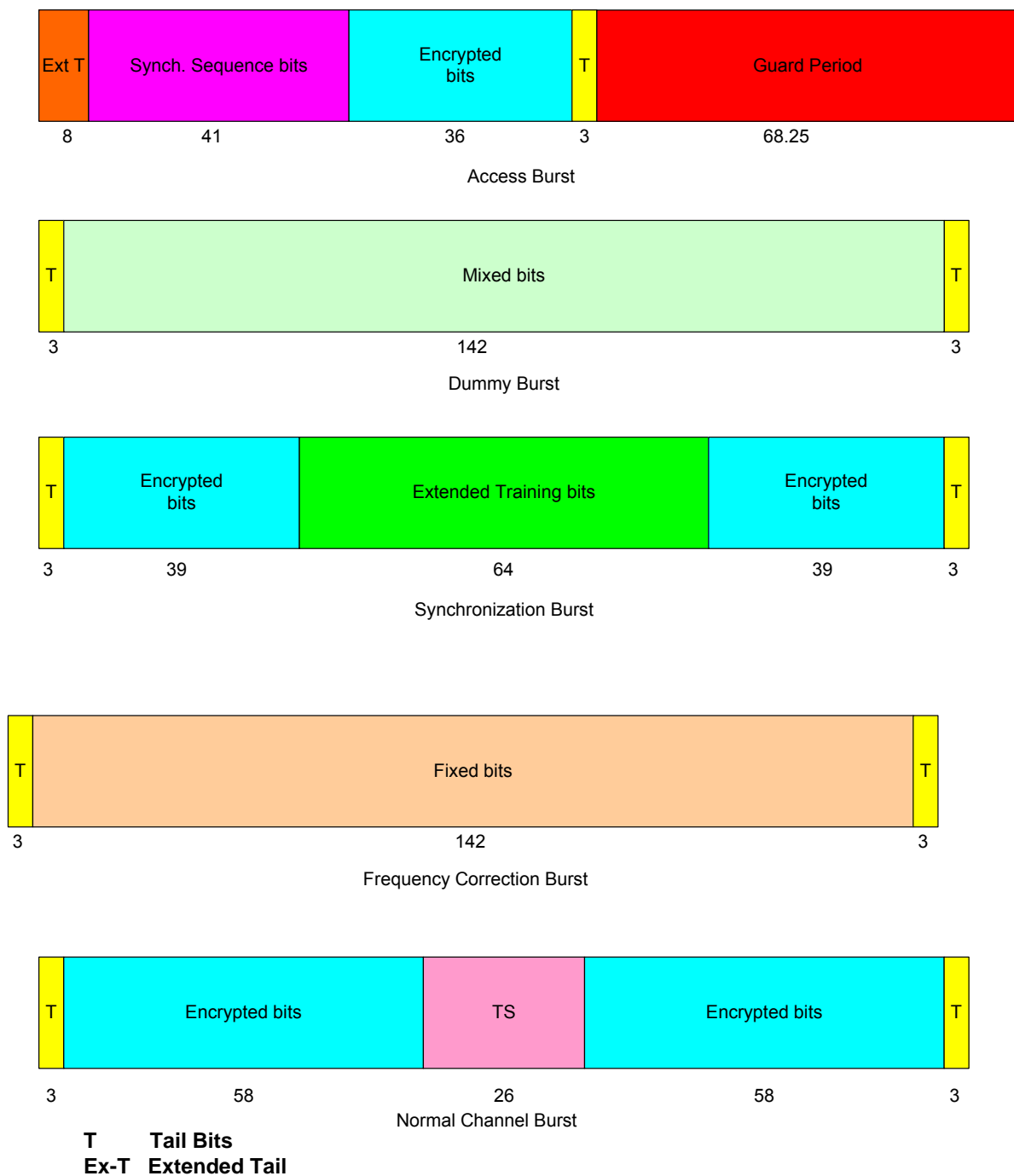


Figura 5.4 Forma del Time Slot

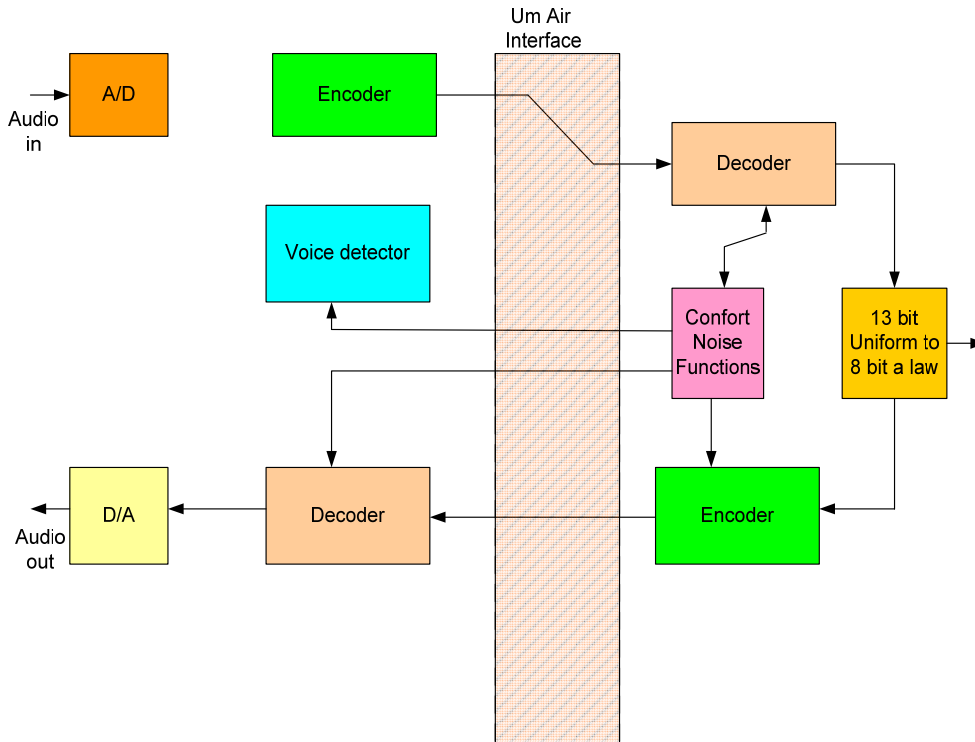


Figura 5.5 Transmisor (Base transmitter)

5.7 Estructura de la Trama de GSM

El componente principal de la estructura básica de la trama de GSM es el time slot, donde 8 de ellos mas las bandas de guarda forman una trama. Cada canal consiste de 148 bits de información más el tiempo de guarda (8.25 bits de longitud) por lo que la longitud total del canal es de 156.25 bits ó 0.577 μ seg. Los 8 timeslots en la trama tienen una longitud de 4.62 msec. Por lo que su velocidad es de 217 frames /seg. ($1/4.62 \times 10^3$).

La estructura de la trama como se puede ver en la figura 5.6 consiste de multiframes (26 de tráfico o 51 canales de control), superframes (1326 frames) y finalmente hiperframes (2048 superframes).

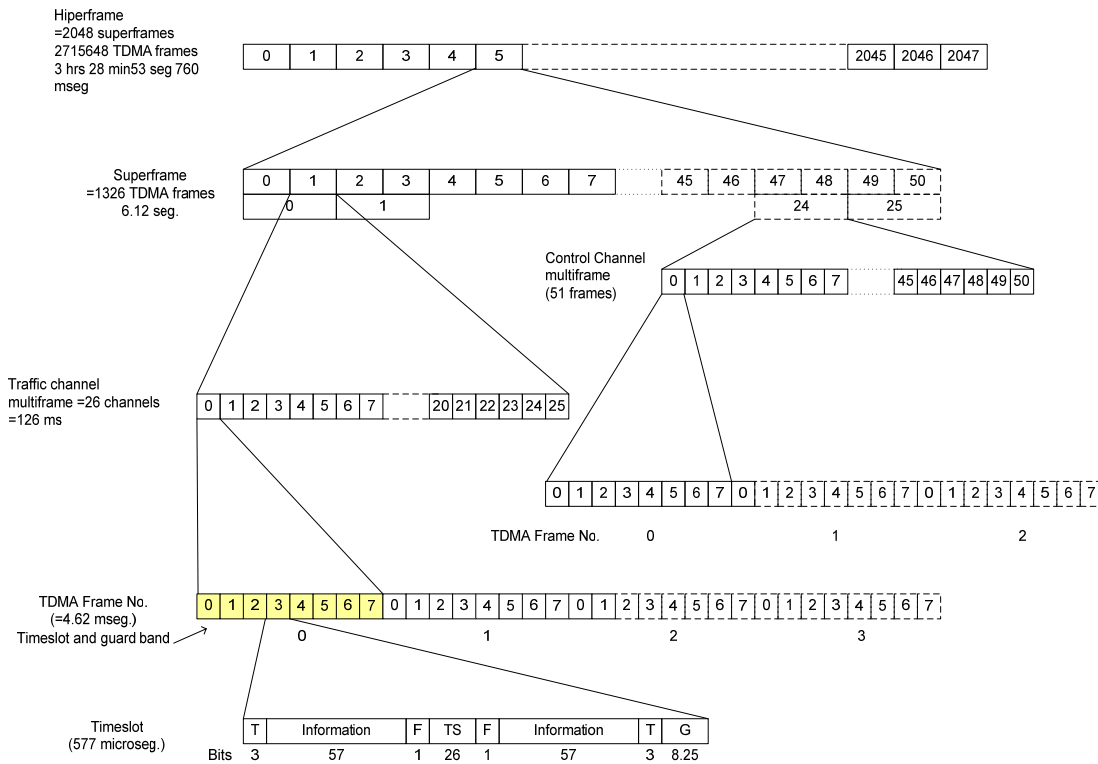


Figura 5.6 Estructura de la Trama de GSM

5.8 Transmisión de datos

Las velocidades de datos soportadas por GSM son 3.6, 6 y 12 Kbits/seg. Existen dos modos de transmisión:

- Transparente
- No transparente.

En el modo transparente los datos son enviados a una velocidad constante y su corrección de error esta limitada a las capacidades del FEC (Forward Error Correction) La velocidad de datos no se compensa aunque que se tenga ruido en la trayectoria de radio y la transmisión de los datos se realiza como si se hiciera a través de un par físico (medio sin perturbaciones). En el modo de “transmisión no transparente”, cuando el error es tal que no puede ser corregido por el FEC se efectúa una retransmisión automática de datos, ARQ (Automatic Retransmisión reQuest). De modo que la velocidad de transmisión variará de acuerdo a la calidad del enlace, el cual, dependiendo de la calidad de la trayectoria de radio puede ser altamente variable. Las ráfagas incorrectas son reenviadas una y otra vez hasta que son recibidas correctamente.

5.9 Integridad del Enlace

Las llamadas caídas se aceptan como parte inherente al funcionamiento del mundo celular. Para evitar en lo posible este problema, se han desarrollado procesos

avanzados los cuales ayudan a asegurar significativamente la integridad del enlace y con esto reducir la pérdida de llamadas y la interferencia.

La calidad del enlace es monitoreada tanto por el móvil como por la estación base. Este monitoreo incluye verificar los niveles de interferencia por canal adyacente y co-canal, los cuales son medidos como una disminución del nivel de la señal o un aumento de la tasa de errores.

Cuando la causa de estos problemas es la congestión de la celda, la solución obvia consiste en realizar un handoff a una celda vecina con menos tráfico.

Si la degradación de la calidad del enlace se debe a problemas de propagación, tales como multitrayectoria o áreas de sombra, la solución puede estar en el empleo de técnicas de codificación que incluyan algoritmos de detección o corrección de errores. El proceso se divide en tres partes. La primera es la codificación de bloques en la que, al final de un bloque de bits de información de longitud constante se le agrega un determinado número de bits de protección; estos bits agregados se determinan con el algoritmo seleccionado, para lo cual existe un gran número de opciones.

El segundo paso del proceso consiste en revolver ordenadamente los datos (bit interleaving) con el fin de protegerlos contra errores en ráfaga. Esta revoltura ordenada le permitirá al receptor poner otra vez los bits en orden para decodificarlos. La tercera etapa del proceso consiste en el cifrado o codificación criptográfica para asegurar la privacidad. Como parte final del proceso se realiza la codificación de canal, que puede ser NRZ diferencial, Bifásico, etc. Ver la figura 5.7.

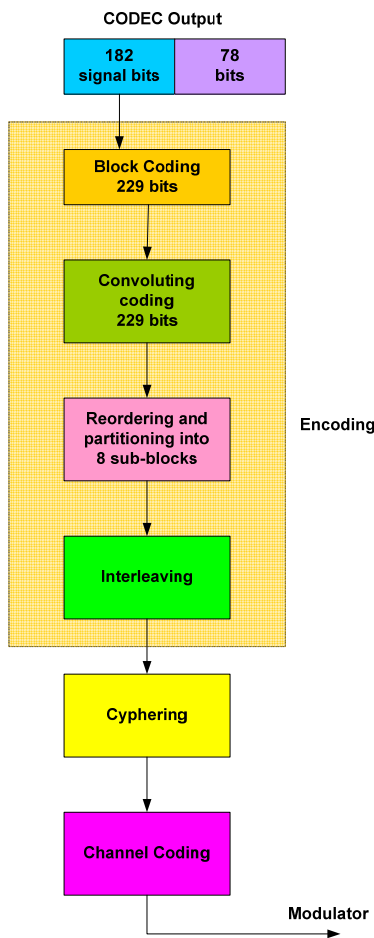


Figura 5.7 Proceso de codificado y cifrado

5.10 Sincronización

Debido a los requerimientos de exactitud en el tiempo, es esencial que las partes del sistema estén amarradas a una referencia de tiempo, (precision reference oscillator), Todos los componentes de la red serán sincronizados a esta referencia (con una estabilidad de 0.005 partes por millón). El móvil toma la referencia de la estación base

5.11 Manejo de la Multitrayectoria.

Los problemas de multitrayectoria son un reto considerable para la tecnología celular digital; esto es particularmente cierto cuando se hace uso del móvil, por ejemplo en el tren de alta velocidad (300 Km/h) donde la sincronización debe ser sistemática. GSM utiliza 20 bits de sincronización en cada time slot y por medio de ellos el receptor calcula la función de transferencia que corrige la multitrayectoria.

La complejidad de este proceso es tal que el ecualizador de canal utiliza para realizar esta tarea casi 50,000 compuertas CMOS. La duración de un símbolo (menos de 3.7 microsegundos) es menor que el retraso (delay) típico entre los rayos de la multi-

trayectoria. Para realizar la sincronización, una ráfaga de entrenamiento (training burst) es incluida al inicio de cada ráfaga transmitida. Retrasos de multitrayectoria de hasta 16 microsegundos pueden ser manejados.

5.12 Consideraciones del Sistema

La introducción de GSM trajo la necesidad de desarrollar un software de administración y mantenimiento más sofisticado, diagnósticos de falla de HW más detallados y confiables, sistemas de control automático de ganancia de mayor rango (rangos dinámicos de 100 dB) y con actuación más rápida para responder a los tiempos tan pequeños en que ocurren las ráfagas, nuevos diseños de amplificadores de potencia más lineales, etc., etc.

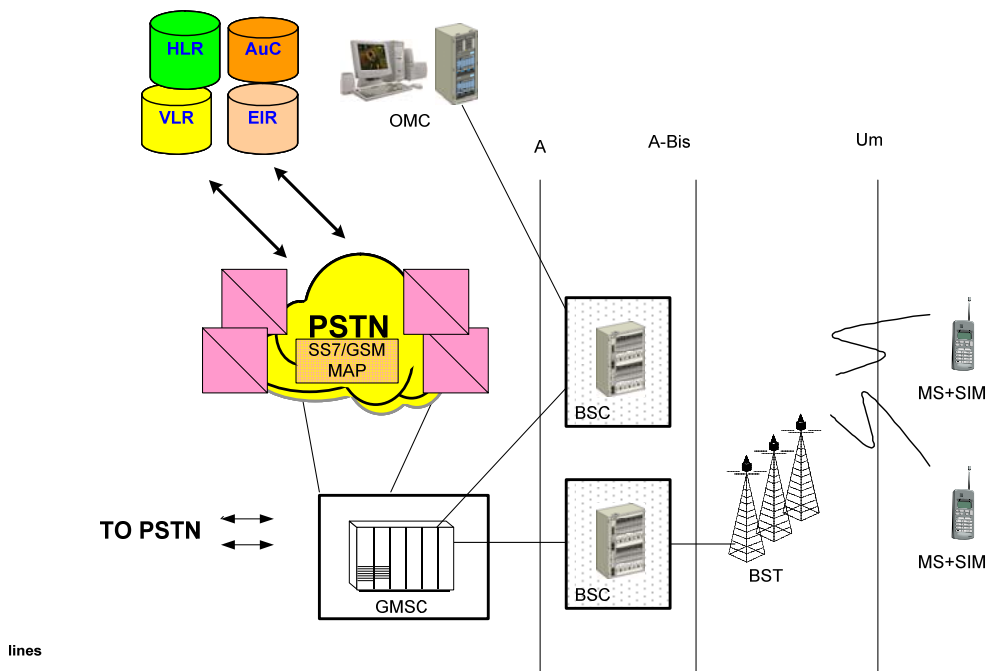
Se puede considerar que la red actual de GSM consiste de tres plataformas separadas. GSM comparte con los sistemas analógicos las dos primeras: el Switch y las estaciones base, la tercera plataforma son las computadoras que soportan las bases de datos. En esta parte están incluidos el HLR, el AuC, y el EIR, los cuales son conocidos colectivamente como las bases de datos de la red GSM, Estos equipos son fabricados por grupos de especialistas en sistemas de información quienes producen sistemas genéricos que son compatibles con cualquier central celular, no importando el fabricante.

En algunos casos el Switch principal ya incluye algunas de las funciones de HLR, AuC, VLR, EIR (Base de datos de abonado local, centro de autenticación, base de datos de abonado visitante y registro de identificación de equipo).

Las funciones de mensajería en GSM son también basadas en computadores o servidores, y ellas incluyen el centro de mensajes cortos (Short Message Center SMS-C), y el controlador de estaciones (CBSC Cell broadcast Service Center).

Las funciones del controlador de operación y mantenimiento (OMC, Operation And maintenance Controller or Center) y el sistema de operación y soporte (OSS Operations and Support System) basadas también en computadores o servidores pueden ser fabricados también por suministradores de equipo independientes aunque debido a que no hay un estándar establecido, es necesario hacer la integración de estos equipos a cada sistema en particular.

A continuación se ilustran las partes funcionales del subsistema de red de GSM (NSS, Network Subsystem System), ver figura 5.8



AuC centro de Autenticación (Authentication Center)
 EIR Registro de identificación de equipo (Equipment ID Register)
 G-MSC Central celular de entrada (Gateway Mobile Switching Center)
 OMC Centro de operación y mantenimiento (Operations and Maintenance Center)
 BSC Controlador de estaciones base (Base Station Controller)
 BTS Estación base de radio (Base Transceiver Station)
 SIM Módulo de identidad de abonado (Subscriber Identity Module)
 HLR Base de datos de abonados locales (Home Location Register)
 VLR Base de datos de abonados visitantes (Visitor Location Register)
 Figura 5.8 Partes funcionales del subsistema de red de GSM

5.13 Central Celular (MSC Mobile Switching Center)

La central celular controla la conmutación de llamadas y las actividades de procesamiento del sistema. Esta puede ser un Switch local o de tránsito. Los otros componentes del subsistema de conmutación o switching están diseñados para ser operados como una parte de él o como entidades físicamente separadas.

La MSC fue diseñada como una central telefónica pública fija (PSTN) y sus funciones básicas son parecidas a las de una central de tránsito. Tiene bajo su control un cierto número de controladores de estaciones base.

5.14 Base de datos de abonado local (HLR (Home Location Register))

El Home Location Register, es la principal base de datos de abonados y contiene los records permanentes de los mismos.

Su acceso es a través del centro de operación y mantenimiento (OMC) y tiene una capacidad típica de 10,000 a 500,000 abonados (aunque actualmente se puede decir

que puede tener capacidades por encima de los 20 millones de usuarios). El HLR almacena el record actualizado que contiene la localización de los abonados y esta conectado a la base de abonados visitantes integrado a la central celular (MSC/VLR) a través de un enlace de alta velocidad que utiliza la interfase de señalización de canal común (C7/MAP)

5.15 Centro de autenticación, AuC (Authentication Center)

En este sistema se generan los parámetros de autenticación para permitir el acceso de los abonados al sistema y se genera también la clave cifrada para encriptar las comunicaciones entre el sistema y el móvil.

5.16 registro de identidad de equipo, (EIR Equipment Identity Register)

Este registro contiene la base de datos de las estaciones móviles y ejecuta funciones de identificación de las mismas. Por medio de este registro se identifican intentos de acceso no autorizado a la red y se efectúan trazados y funciones de control sobre el equipo no autorizado.

5.17 base de datos de abonados móviles visitantes (VLR Visitor Location Register)

El VLR es una base de datos temporal para los abonados: es utilizado tanto por los abonados locales como por los visitantes y tiene un intenso intercambio de datos con el HLR. El VLR es accesado por el MSC en cada establecimiento de llamada y por tanto la MSC siempre le tendrá un VLR asociado. Gran intercambio de mensajes de señalización ocurre entre la MSC y el VLR por lo que usualmente están instalados uno junto al otro. Muy a menudo el VLR viene integrado como parte de la central celular (MSC)

5.18 Registro o base de datos de Identidad de equipo, (Equipment identity Register EIR).

El EIR es un registro de estaciones móviles, contiene la información de identidad internacional de la estación móvil (IMSI International Mobile Station Identity) el cual es compuesto del número de serie del equipo más el código de aprobación (type approval code), Todos los EIR's tienen acceso al EIR centralizado, el cual a su vez puede distribuir esta información a través de la red.

Los móviles son agrupados en tres grupos:

Lista negra, (Black list), contiene todos los móviles robados.

Lista Gris (Gray list), contiene los móviles que están causando interferencia o que han sido marcados como "atención especial".

Lista Blanca (White list), contiene todos los móviles aprobados y por medio de ella se asegura que solamente los móviles autorizados tengan acceso al sistema.

5.19 Handover entre centrales celulares (Handover Inter-MS)

Algunas veces es requerido que se lleve a cabo un handover entre dos MSC's; cuando esto sucede, la primera MSC mantiene el control de la llamada pero tiene que enviar los datos del abonado hacia el nuevo registro de abonados visitantes (VLR). En caso de que el abonado continúe su roaming hacia un tercer MSC, entonces el primer MSC le deja el control de la llamada al segundo MSC, mientras que los datos del abonado le son enviados al nuevo VLR.

5.20 Servicios Activados para el Abonado

Los servicios activados para el abonado tales como re-envió de llamada, conferencia, manejo de password, servicios especiales y otras comunicaciones de abonado entre el HLR y el MS se soportan a través de de la capa de MAP en señalización C7.

5.21 Servicios de mensajes cortos (Short Message services)

Los mensajes cortos son controlados desde el centro de servicios de mensajes cortos (Short Message Services Center SMS-C) el cual los almacena, los entrega y actúa como un centro de tránsito de mensajes cortos para otras redes celulares. El centro de servicio de mensajes cortos (Short Message Service Center) es conectado al gateway de la central celular (MSC) por un enlace de protocolo X25; sin embargo, el enrutamiento del mensaje hacia o desde la MSC (visitada), desde el VLR es manejado a través de MAP/C7

Las MSC's deben estar interconectadas entre si por medio de enlaces de canal común CCS No. 7

Si es necesario tener capacidades de roaming. La señalización hacia la red pública, (PSTN), debe ser a través de C7 (ISUP, ISDN User Part).

5.22 Sistema de Post-procesamiento de Datos (Data Post Processing System DPPS)

Antes de la llegada de GSM el sistema de cobranza era manejado por empresas especializadas. El concepto de GSM introdujo la estructura de cobranza dentro del sistema móvil, junto con los módulos de abonado y de mercadeo, los cuales son parte de sistemas de cobranza avanzados.

El DDPS incluye las siguientes funciones

- Cobranza y facturación
- Contabilidad, Administración de usuarios, control de crédito, pagos y manejo de deudas

- Manejo de las tarjetas SIM's (Subscriber Identity Module)
- Información de mercadeo y ventas
- Mantenimiento de la tarificación.
- La interfase entre la MSC y los sistemas de facturación utiliza el protocolo X25. Los records de contabilidad de llamadas, (Call Detail Record) CDR's son almacenados en cinta magnética o en el disco duro.

5.23 Controlador de estaciones Base (Base Site Controller) BSC

La función primaria del BSC es el mantenimiento. Cada BSC puede controlar un número de BTS's las cuales pueden estar cercanas o remotas. El nivel de la señal de las BTS es monitoreado por la ME (Maintenance Entity) y el móvil explora los niveles de señal de los canales BCCH (Broadcast Control Channels) de las BTS cercanas. La estación móvil MS reporta constantemente estos niveles de señal al BSC cada medio segundo por el canal de control asociado (ACCH, Associated Control Channel) de tal manera que se puede hacer una decisión de handoff. Mientras las alternativas están dentro de las BTS's controladas por el mismo BSC, la decisión puede ser hecha sin involucrar al Switch. La BSC controla los niveles de potencia de Um (interfase de aire)

5.24 Estación base transceptora (Base Transceiver Station, BTS)

La BTS consiste de radio transceptores, equipo acoplador, antenas, sección de banda base y la interfase propietaria Abis hacia la BSC remota (interfase entre el BSC-BTS). Se debe notar que la interfase Abis no es una interfase con especificación abierta por lo que es específica del fabricante.

Otras de las funciones controladas por la BTS son: adaptación de velocidad, codificado de canales, intercalación (interleaving), encriptamiento/desencriptamiento, la trama de TDMA, la diversidad de antenas, el monitoreo de la intensidad de señal, el alineamiento del tiempo para compensar los retrasos en la propagación y el salto de frecuencia.

La BTS puede ser equipada con un conmutador de dejar/insertar (drop and insert transmission radio interfase) el cual permite a la BTS ser utilizada como un punto de transito hacia otras BTS's.

Las BTS se apegan a las especificaciones mostradas en la tabla 5.1. Las transmisiones de las estaciones base son típicamente promediadas a 20 Watts por portadora, la función de control de potencia es de 6 pasos para transmisión. Nominalmente cada paso es de 2dB, con lo cual se tiene un buen control de la potencia recibida por las unidades móviles.

Los estándares exactos de frecuencia requeridos por la estación base son suministrados por el módulo generador de referencia (reference generator module

RGM) el cual consiste de un oscilador de rubidio de gran precisión y muy alta estabilidad.

Especificaciones de BTS	
Parámetros	Especificaciones
Frecuencia	900 MHz
Espaciamiento entre canales	200 MHz
Stabilidad en frecuencia	±0.05 ppm
RF ramp time	28 msegundos
Receieve sensitivity	≤104 dBm

Tabla 5.1 Especificaciones de la estación base de radio (BTS)

5.25 Configuración de la red.

Una red consiste de un número de sistemas de diferente jerarquía y puede ser dividida en BSS, MSC y PSTN. La red GSM esta dividida en partes funcionales que puede ser vistas en la figura 5.11 El sistema celular GSM, (GSM PLMN) consiste básicamente de MSC, BSS's y su interfase hacia la PSTN.

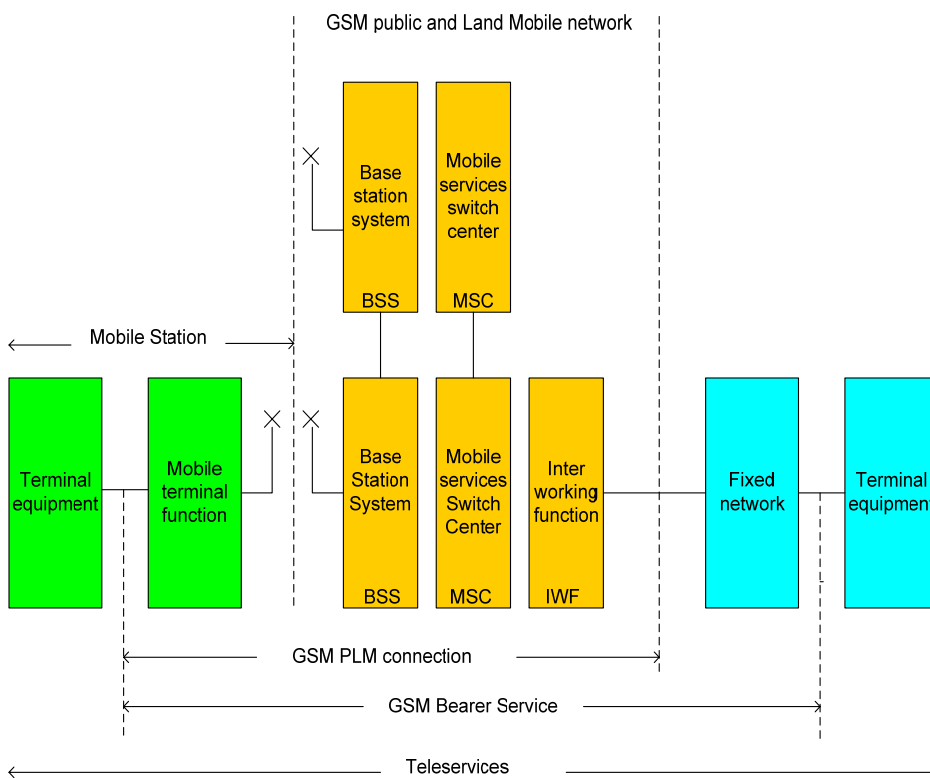


Figura 5.11 Partes componentes de la red GSM

5.26 Frequency Hopping.

Uno de los primeros problemas fue como proveer frequency-hopping, el cual debe ser hecho simultáneamente en la estación base por cada uno de los transeptores para los 8 canales. La velocidad neta de cambio de frecuencia es de 1700 veces por segundo.

Esto significa que dentro de una celda el frequency hopping debe ser correlacionado de tal manera que no ocurran choques. Sin embargo para mejorar la inmunidad a la interferencia, la frecuencia de las celdas adyacentes será deliberadamente no correlacionada.

Frequency hopping provee una ganancia al sistema similar a la ganancia en diversidad. Esto se debe a que las diferentes frecuencias tienen diferentes trayectorias y por tanto tienen diferentes patrones de desvanecimiento, de manera que el salto de frecuencia asegura que solamente pequeñas porciones de señal son sujetas a desvanecerse en algún instante. El código redundante y la corrección de error pueden restaurar completamente los bits de datos que se han perdido. El salto de frecuencia ocurre a una velocidad de 212.5 hops/seg/canal, con un hop ocurriendo cada 4615 msegundos el resultado de esto es que se obtienen menor tasa de error y un incremento en la inmunidad a la interferencia.

La estructura de la estación base es mostrada en la figura 5.12

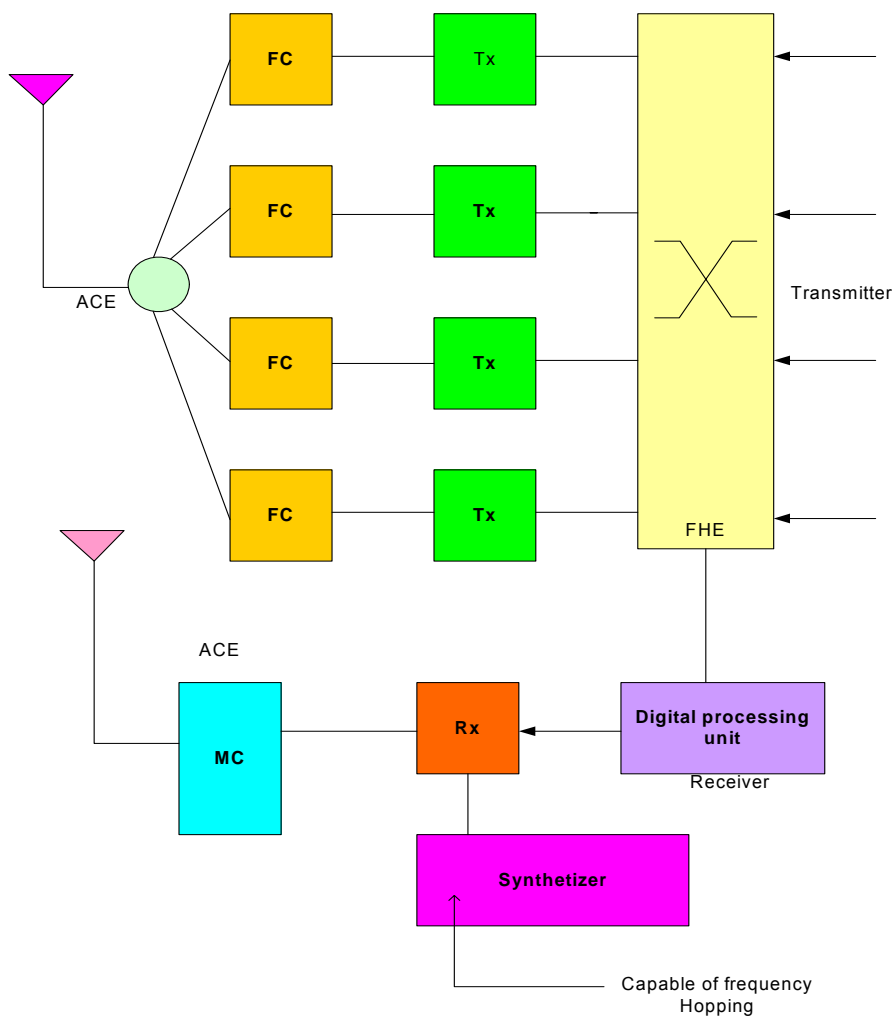


Figura 5.12 Estructura de la Estación Base de radio (BTS) GSM

5.27 Registro de localización (Location registration)

Las redes de GSM consisten de un número de zonas geográficas, dentro de las cuales los móviles escucharán sobre el BCCH (Broadcast Control Channel) la identificación de su posición. Cuando se tienen cambios el móvil enviará una solicitud de actualización de posición (Location update request), LUR que registrará al móvil en la nueva posición. Si el móvil viaja hacia un área soportada por un VLR diferente entonces el VLR enviará un nuevo número de roaming para el abonado móvil (Mobile Subscriber Roaming Number) esta información es entonces proporcionada al HLR para actualizar el nuevo número de roaming de la estación móvil (MSRN Mobile Station Roaming number). Alternativamente el VLR informa al HLR acerca del MSC y el MSRN y que esto pueda ser negociado entre el HLR y el MSC. En ciertos intervalos de tiempo el móvil será programado para que se registre periódicamente.

5.28 Mensajes cortos

Los mensajes cortos pueden ser originados o terminados en el móvil y tienen una longitud máxima de 160 caracteres. Este servicio se considera como un servicio avanzado de paging. Si durante el envío de un mensaje el móvil se encuentra apagado el mensaje será almacenado y se enviará nuevamente al abonado cuando el teléfono sea encendido. Este servicio cuenta con una plataforma adicional que es capaz de enviar mensajes de la misma forma en que lo hace el servicio de paging convencional.

5.29 Mensajes cortos en modo broadcast

Un mensaje puede ser enviado a todos los móviles que operan en un cierto grupo de celdas, este mensaje puede contener información de: tráfico, de nuevos servicios celulares o comercial. La máxima longitud de este mensaje es de 93 caracteres.

Funcionalidad de mensajes cortos, (Short message feature)

GSM incorpora la habilidad de enviar mensajes cortos desde la PSTN de hasta 140 caracteres alfanuméricos, este servicio utiliza la capacidad de la central celular de almacenar y re-enviar los mensajes y también de cancelar los que no puedan ser entregados en las siguientes 24 hrs.

5.30 Móviles de GSM

Los móviles de GSM son diseñados para tener sincronización interna en fase y frecuencia, lo cual les permitirá desplazarse a una máxima velocidad de 250 Km/hr

(Doppler Shifting) y retrasos en la propagación de la celda con un radio máximo de 35 Km. Aunque dependiendo de la sensibilidad de los teléfonos se espera alcanzar más allá de los 35 Km.

Features o funcionalidades obligatorias:

GSM cuenta con la tarjeta SIM y su número de identificación personal (PIN, Personal Identification Number) el cual se utiliza para confirmar el derecho de utilizar la tarjeta SIM.

5.31 Selección opcional de la red

En cuanto el móvil GSM se enciende, intentará el acceso a su sistema celular local, (HPLMN); el móvil constantemente identificará en qué red está amarrado y cuales otras redes celulares GSM están a su disposición. Finalmente, el usuario puede elegir la red de su preferencia desde el móvil con solo cambiar la tarjeta SIM.

5.32 Facilidades opcionales

- Interfase de datos.
- Marcación abreviada.
- Bloqueo de llamadas salientes dependiendo del tipo de llamada (todos los tipos de llamadas, llamadas de larga distancia, llamadas internacionales, etc.).
 - Operación de manos libres.
 - Indicador de señal de error y bit error rate.
 - Pantalla para mostrar mensajes cortos.
 - La transmisión discontinua DTX asegura que el teléfono solo transmita cuando la información de habla está lista para ser enviada.
 - La recepción discontinua DRX, utiliza una funcionalidad llamada grupo de alerta (paging group) que permite al receptor estar en modo de reserva “stand by, low drain cycle” hasta por el 98% del tiempo.
 - La funcionalidad de control de potencia activa, controla la salida de potencia de 30 dB en pasos de 2 dB, lo cual optimiza el consumo de potencia y reduce la interferencia.

5.33 Control de Acceso

GSM tiene varias clases de abonado; ver tabla 5.2, las cuales no son utilizadas durante el servicio normal pero permiten al operador controlar el acceso a la red en caso de situaciones especiales. Estas clases de acceso pueden ser programadas a nivel de celda lo cual facilita la re-configuración dinámica de celdas congestionadas o bloqueadas de acuerdo a la demanda de tráfico en ese momento.

Clase de Abonado	Asignación
0-9	Estas clases de abonado son asignadas aleatoriamente a los abonados normales y esta basado en el número de identidad de abonado móvil internacional asignado, (IMSI, International Mobile Subscriber Identity).
11-15	Estas clases de abonado son asignadas a los abonados de alta prioridad, como son los servicios emergencia, de seguridad e integrantes de O&M del sistema.
Llamadas de Emergencia	Habilita y deshabilita el acceso de los usuarios a los números de emergencia

Tabla 5.2 Clases de abonado GSM

5.34 Tarjetas Inteligentes

La tarjeta inteligente o SIM (Subscriber Identity Module) puede ser utilizada en cualquier teléfono GSM: así el usuario puede utilizar cualquier teléfono GSM como teléfono personal. Físicamente la tarjeta SIM viene en dos presentaciones una del tamaño de las tarjetas de crédito y otra de tamaño pequeño; esta reside semi-permanentemente en el móvil.

La ventaja de tarjeta inteligente es que permite al usuario comprar el servicio en lugar de comprar el teléfono, ya que esta tarjeta puede ser utilizada en cualquier teléfono así que el usuario logra una portabilidad total.

La información contenida en la tarjeta sirve para identificar al usuario en cualquier red GSM.

Para disminuir el porcentaje de uso fraudulento, a la SIM se le ha agregado por seguridad un número de PIN (Personal Identification Number). La SIM permanece en contacto con la red a través del algoritmo de seguridad de la red, el cual es iterativo. El número de PIN es requerido por el equipo móvil (ME) cada vez que la SIM es insertada o cada vez que el teléfono es encendido.

El PIN es un número de 4 a 8 dígitos y puede ser fácilmente cambiado por el usuario. El usuario tiene hasta tres veces para introducir el PIN correcto, en caso un cuarto intento, la tarjeta se bloquea previniendo su uso, hasta que el legítimo dueño pueda desbloquearla con la llave de desbloqueo personal de 8 dígitos. (PUK, Personal Unblocking Key). El PUK puede ser dado al usuario junto con la tarjeta SIM o puede requerirse al operador el desbloqueo. Solamente 10 intentos incorrectos son permitidos antes de que la SIM sea permanentemente bloqueada. La SIM contiene un circuito integrado que soporta las funciones de las redes de GSM y DCS-1800.

La SIM puede:

- Almacenar mensajes cortos.
- Permitir la marcación abreviada (capacidad alfanumérica).
- Contiene la lista de hasta 8 redes celulares (PLMN's).

La SIM contiene dos algoritmos encriptados que son definidos por el operador: algoritmo A3, que es una clave de autenticación y algoritmo A8, que es una clave de cifrado y de autenticación.

5.35 Ancho de banda total disponible en GSM.

Se tienen un total de 50 MHz asignados para GSM

125 canales full duplex de 200 KHz c/u, los cuales se numeran del 0 al 124, el canal cero no se utiliza y se reserva como guarda.

Existen otras versiones de GSM cuya mayor diferencia en el rango de frecuencias que utilizan.

E-GSM; se agregaron 50 canales mas (10MHz) en cada sentido

DCS 1800, es la versión implementada en el Reino Unido, utiliza las bandas de 1710-1785 para el uplink y 1805-1880 para el downlink, haciendo un total de 374 canales de 200 kHz.

DCS 1900 o PCS 1900, es la versión de GSM implementada en USA, en la banda de 1900 MHz.

5.36 Conclusiones

GSM es una tecnología europea que proporciona mayor eficiencia en el uso del espectro, al introducir 8 canales de voz en un ancho de banda de 200 KHz: además reduce la interferencia al utilizar la facilidad de salto de frecuencia, entra de lleno a los nuevos servicios y aplicaciones de abonado como son los servicios de mensajería, introduce la modalidad de la tarjeta SIM la cual permite al usuario el hacer cambio de modelo de teléfono celular con solo intercambiar la tarjeta SIM, mejora la funcionalidad del servicio roaming al contar con un poderoso protocolo llamado IS41 el cual permite el roaming internacional muy fácilmente.

A partir de la entrada de esta tecnología, se inicia la desaparición de AMPS, la cual a estas fechas esta en franca deshabilitación. Este espectro de 850 MHz será utilizado para tecnología 3G. TDMA también en franca desaparición aunque todavía existen aproximadamente unos 9 millones de usuarios en servicio, GSM le ha ganado la carrera a CDMA su principal adversario tecnológico, Telefónica y América Móvil los mayores operadores de Latinoamérica han seleccionado tecnología GSM para sus redes latinoamericanas.

GSM cuenta con más de 50 millones de usuarios tan solo en México en la banda de PCS. 1900 MHz.

GSM ha alcanzado su madurez tanto tecnológica como en el mercado. Se espera que continúe su crecimiento aproximadamente en un 10% anual durante los próximos tres

años, donde empezará a declinar para dar lugar a la tercera generación UMTS/WCDMA.

Los principales problemas de GSM se encuentran en las aplicaciones de datos, las cuales están conectadas al nodo de datos GPRS/EDGE. Estas aplicaciones son bastante caras ya que la mayoría son propietarias, de tal manera que su interconexión se dificulta por la necesidad de introducir equipo de interfaces SW/HW para poder cumplir con los requerimientos de compatibilidad, interconexión e interoperabilidad, y donde algunos de estos servicios son: Push to Talk (PTT), Videostreaming, WEB, Blackberry, MMS (Servicios Multimedia), Prepago, Facturación, etc.

Capítulo 6
Red de Acceso Múltiple por División de Código
CDMA

6	Introducción.	149
6.1.	Arquitectura del Sistema CDMA	150
6.2.	Interfase de Aire de CDMA	152
6.3.	Estación Base de Radio	153
6.4.	Antenas	153
6.5.	Medio de Transmisión, Backhaul (interconexión entre las BTS y el CBSC)	153
6.6.	Controlador de estaciones base	154
6.6.1.	Manejador de movilidad.	154
6.6.2.	Centro de operación y mantenimiento de radio (OMCR)	154
6.6.3.	Transcodificador (Transcoder XC)	155
6.6.4.	Procesador unificado de operaciones de red (UNO)	155
6.7.	Interconexión entre el manejador de estaciones base y la central celular (BSC-MS)	155
6.8.	Central Celular Digital (MSC)	156
6.9.	Medio de Transmisión (MSC-PSTN)	156
6.10.	Red Inteligente (IN)	156
6.11.	Ingeniería de Radio frecuencia de CDMA	156
6.12.	Transmisión y recepción.	157
6.13.	Cobertura de CDMA (CDMA Coverage)	157
6.14.	Ancho de banda del canal	157
6.15.	Soft handoff	158
6.16.	Handoff más transparente (Softer handoff)	159
6.17.	Mejoramiento de la multi-trayectoria.	159
6.18.	Correladores paralelos, (Rake receivers)	160
6.19.	Servicios adicionales (IS-95)	160
6.20.	Diversidad.	160
6.21.	CDMA Overlay	160

6.22.	Consideraciones de capacidad -----	161
6.23.	Funcionalidad de capacidad (Soft Capacity) -----	162
6.24.	Control de potencia de bucle abierto -----	163
6.25.	Control de potencia de bucle abierto y cerrado. -----	163
6.26.	Portadora Piloto (Pilot Carrier) -----	164
6.27.	Estructura de canal CDMA. -----	164
6.28.	Canal de sincronización -----	165
6.29.	Canal de Alerta (Paging Channel) -----	165
6.30.	Lista de canales CDMA -----	166
6.31.	Canal de acceso (Access Channel) -----	166
6.32.	Canal de tráfico (Traffic Channel) -----	166
6.33.	Registro del móvil. -----	167
6.34.	Opción de Servicio. -----	167
6.35.	Autenticación. -----	168
6.36.	Vocoder de velocidad variable. -----	168
6.37.	Construcción simple -----	168
6.38.	De-moduladores. -----	168
6.39.	Modulador de abonado. -----	169
6.40.	El Módulo decodificador Viterbi. -----	169
6.41.	Equipo del sitio celular -----	169
6.42.	Planeación de Frecuencias. -----	171
6.43.	Controlador de estaciones base (BSC) -----	171
6.44.	Capacidad -----	172
6.45.	Pruebas de funcionamiento de CDMA IS-95 -----	174
6.46.	Potencia de señal vs. frame error rate. -----	174
6.47.	Efectividad del receptor Rake. -----	174
6.48.	Potencia Transmitida por el móvil comparada con AMPS -----	174

6.49.	Ancho de banda total disponible para CDMA: -----	175
6.50.	Método de acceso, modulación y codificación -----	175
6.51.	El método de acceso (CDMA) -----	176
6.52.	El método de modulación -----	177
6.53.	Codificación de voz en IS-95, CDMA -----	177
6.54.	Handoff entre sistemas.-----	180
6.55.	Requerimiento de sincronía en IS-95 -----	180
6.56.	Conclusiones -----	181

6 Introducción.

CDMA significa en español: *acceso múltiple por división de código*. El concepto de acceso múltiple implica que un “ente controlador”, en este caso la estación base, impone a los usuarios las condiciones de acceso al sistema celular para que pueda realizar o contestar su llamada. El concepto de división de código implica que a cada usuario se le asigna temporalmente un algoritmo especial para codificar la señal de voz previamente digitalizada.

En el sistema CDMA, todos los usuarios que logran acceso al servicio pueden trabajar al mismo tiempo y en la misma banda de frecuencias; las conversaciones no se interfieren porque cada usuario opera con un código binario específico. Como contraparte, están los sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia, FDMA, y de acceso múltiple por división de tiempo TDMA.

En CDMA, los canales físicos requieren un ancho de banda relativamente grande: 1.23 MHz, donde múltiples conversaciones (logical channels) pueden ser llevadas a cabo simultáneamente. Códigos binarios especiales llamados códigos de Walsh y secuencias binarias pseudo aleatorias (pseudo random) son utilizadas para reunir varias conversaciones en la misma banda de frecuencias.

En CDMA, el número de conversaciones (canales de voz) que pueden operar simultáneamente es igual al número de códigos ortogonales que puedan generarse con un determinado procedimiento y este número es teóricamente muy grande, con la desventaja de que a mayor número de canales de voz utilizados hay mayor posibilidad de interferencia entre ellos.

La desventaja de los sistemas FDMA y TDMA es que requieren bandas de guarda de frecuencia y de tiempo respectivamente, para evitar la interferencia entre conversaciones. CDMA no requiere tales bandas de guarda, pues como ya se anotó, cada conversación usa todo el ancho de banda durante todo el tiempo.

Con gran eficiencia en el uso del espectro y superior calidad de voz que su contraparte europea (GSM), esta tecnología de origen norteamericano ha avanzado mucho desde la primera versión, en la que se tenía servicio de datos a 14.4 Kbps, el dial-up, era realizado con un juego de modems entre el controlador de las estaciones base y la central móvil, con velocidades de 30 Kbps y a través de una conexión directa a la red pública de Internet.

El acceso múltiple por división de códigos es el segundo estándar digital adoptado dentro de los estados Unidos y designado como IS-95.

Este estándar proviene de Qualcomm; el cual, a finales de 1992 hizo una demostración con un sistema de 6 celdas y 9 sectores en San Diego Cal. Otros estándares asociados a CDMA son IS-96, IS-97, IS-98 e IS-99.

Las compañías involucradas directamente en el desarrollo de este estándar son, Motorola, Nortel, AT&T y otras de menor importancia.

CDMA tiene una capacidad de 12 a 15 veces la capacidad de espectro de AMPS lo cual le da una gran ventaja sobre los otros sistemas digitales (excepto por E-TDMA). En cuanto a la calidad de voz, se ha demostrado que CDMA es significativamente superior a la tecnología analógica, principalmente para las nuevas aplicaciones de tecnologías IP.

6.1.Arquitectura del Sistema CDMA

La central celular (MSC, Mobile Switching Center), es la interfase del sistema celular CDMA con la red pública (PSTN). Algunas de sus funciones son:

- Enruta las llamadas hacia o desde la PSTN
- Contiene los records de los suscriptores.
- Genera los records de facturación.

El controlador de estaciones base (BSC), se encarga del manejo de los features de radio, administración de los canales, ciertos tipos de Hand-offs, y administra todos los dispositivos de la parte de trans-codificación y radio.

El transcodificador (Xcoder), realiza la conversión de los datos PCM hacia un formato CDMA y del formato CDMA a un formato PCM. Concentra todos los enlaces desde las BTS hacia el MSC.

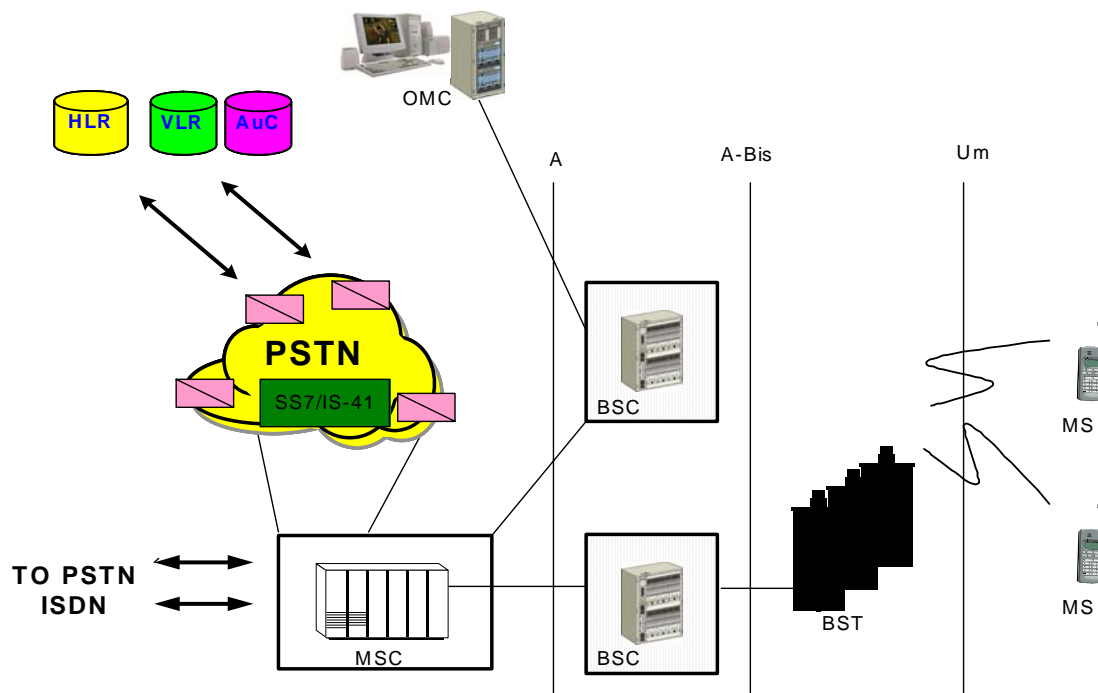
El centro de operación y mantenimiento de radio (OMC-R), es responsable por las estadísticas y la colección de alarmas y la administración de la configuración de los controladores de sitios.

El procesador de operaciones unificado, (UNO), suministra una interfase gráfica al usuario, por medio de la cual se tiene acceso al estatus gráfico de la red.

La estación base de radio, (BTS), suministra la interfase de RF a las estaciones móviles.

La figura 6.1 muestra el diagrama a bloques general del sistema CDMA, donde se pueden ver los elementos más importantes del sistema.

La figura 6.2 muestra los elementos de un sistema CDMA IS-95, donde se ve con más detalle los componentes que lo conforman.



Funciones del MSC:

Conmutación y multiplexado.

Procesamiento del handoff.

Gestión de movilidad.

Funciones de tarificación.

Funciones de O&M.

AuC centro de autenticación (Authentication Center).

BSC Controlador de estaciones base (Base Station Controller).

BTS Estación base, (Base Transceiver Station).

HLR Base de datos de abonados móviles locales, (Home Location Register).

MSC Central celular, (Mobile Switching Center).

VLR Registro de abonados móviles visitantes, (Visitor Location Register).

Figura 6.1 Diagrama general a bloques de un Sistema CDMA

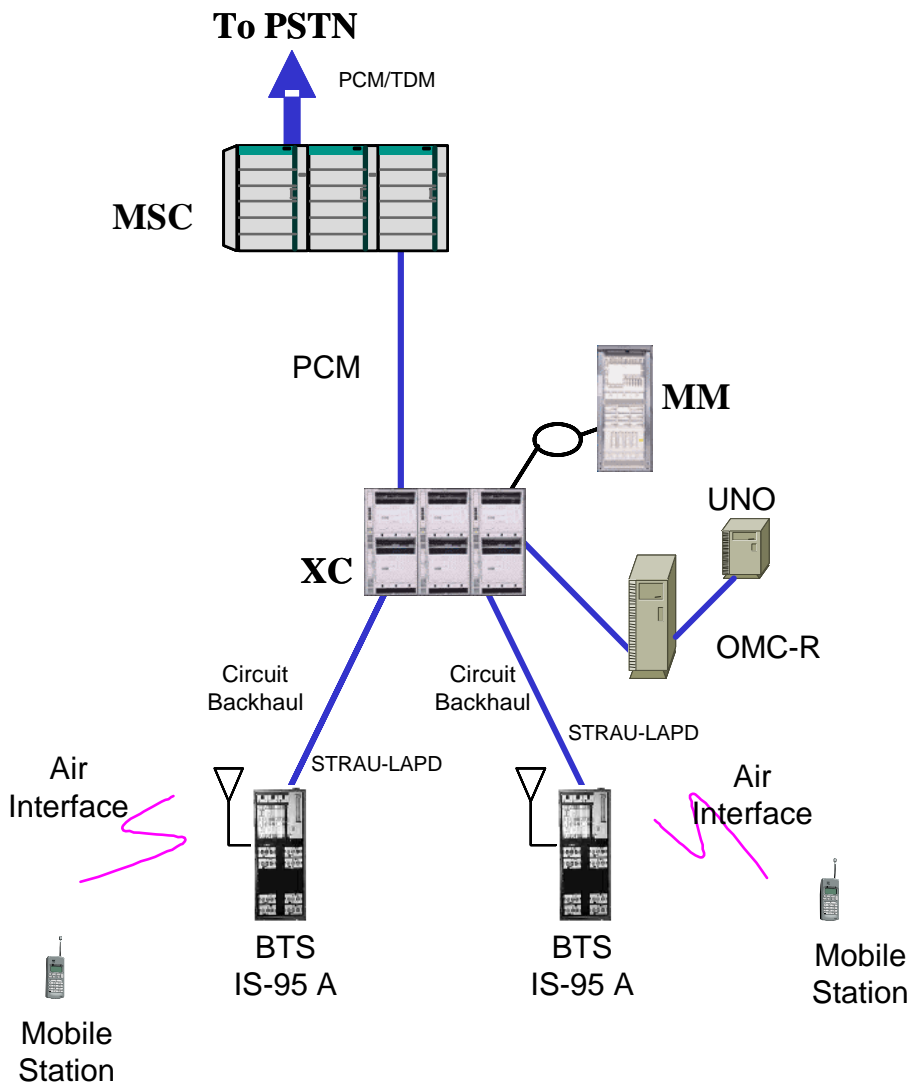


Figura 6.2, Diagrama de un sistema CDMA, IS-95-A

6.2. Interfase de Aire de CDMA

La interfase A (SS7) es utilizada para comunicar los datos de control desde el manejador de movilidad hacia el MSC. La interfase A es una interfase abierta, lo que significa que la información necesaria para cumplir con la interfase está disponible y esto hace que cualquier fabricante pueda construir una central celular compatible con la interfase A.

SCAP, (Super Cell Application Protocol) es un grupo de mensajes y formatos diseñados específicamente por cada fabricante para la comunicación con la BTS, por lo que las BTS no son compatibles con el BSC de otro fabricante. SCAP es enviado sobre la capa de transporte LAPD utilizando para esto un timeslot de un T1 o un E1.

Los canales de tráfico de la BTS hacia el CBSC son multiplexados 4:1 sobre los time slots del portador T1. Cada uno de los canales de tráfico utiliza 16 kbps de datos QCELP (Qualcomm Excited Linear Prediction). Estos datos representan la información de habla sobre los canales de tráfico (TCH), dos canales de estos, hacia adelante y otro hacia atrás se requieren para que un usuario realice una conversación.

6.3. Estación Base de Radio

La estación de radio (BTS) realiza las siguientes funciones:

- Contiene y controla los canales de tráfico.
- Realiza el control de potencia
- Efectúa mediciones de calidad de la señal de RF
- Ejecuta la señalización sobre los canales de alerta y acceso
- Realiza el softer handoff
- Envía los mensajes de O&M de la BTS hacia el CBSC

La parte de radio se puede dividir en tres grandes bloques:

RF Modem. Convierte la interfase terrestre (CDMA STRAU Data over LAPD link) a una interfase de aire.

Interfase del sitio. Es la interfase entre las antenas y los amplificadores de potencia.

Amplificadores de potencia lineales. Se encargan de amplificar todas portadoras de CDMA para alimentarlas a las antenas.

6.4. Antenas

La BTS soporta varias configuraciones de antenas, entre las principales son:

- Omnidireccionales.
- 3 sectores.
- 6 sectores.

6.5. Medio de Transmisión, Backhaul (interconexión entre las BTS y el CBSC)

Los canales de tráfico de la BTS hacia el BSC son multiplexados en una proporción de 4:1 sobre cada uno de los time slots del T1/E1. Cada uno de los canales de tráfico utiliza 16 kbps de datos QCELP. Estos datos representan la información de habla sobre los canales de tráfico (TCH). De esta manera podemos decir que se tiene un ahorro de 4:1 en el número de E1/T1 utilizados en la interconexión de la BTS con el BSC.

6.6. Controlador de estaciones base

El controlador de estaciones base (BSC) está formado por dos elementos principales: el manejador de movilidad (MM) y el transcodificador (transcoder)

El BSC efectúa las siguientes funciones:

- Controla las BTS que se encuentren asignadas a él
- Efectúa la carga de SW (datos y códigos) a los dispositivos de las BTS
- Inicia el arranque del sistema
- Efectúa la administración de fallas
- Ejecuta el establecimiento de llamadas
- Realiza los soft/hard handoff
- Colecciona estadísticas
- Concentra los enlaces entre las BTS y el transcodificador y entre el transcodificador y el MSC.

6.6.1. Manejador de movilidad.

El MM, administra al transcodificador, ejecuta labores de localización de fallas y contiene la interfase A, la cual es un enlace de señalización entre la MSC y el BSC. Este enlace está basado en el protocolo de señalización de canal común CCS, y puede utilizar cualquiera de las dos versiones de señalización C7/SS7, cuyas principales funciones son:

- Interfase A hacia la MSC.
- Manejo de handoffs.
- Administración de fallas de BTS.
- Distribución de canales.
- Distribución de alertas, pages.
- Carga inicial de SW y arranque de las BTS.

6.6.2. Centro de operación y mantenimiento de radio (OMCR)

Contiene todos los códigos y datos requeridos por la BSC. No es indispensable para la funcionalidad de la BSC. Aunque no esté disponible, la BSC podrá realizar correctamente las funciones de procesamiento de llamadas.

Sus principales funciones son:

- Funciones centralizadas de O&M para el subsistema de estaciones base (BSS).
- Administración centralizada de la configuración.
- Almacenaje de códigos y datos.
- Interfase para el envío de comandos.
- Log de eventos (Event log/CDL log).
- Configuración de la base de datos.

6.6.3. Transcodificador (Transcoder XC)

Concentra y convierte el formato de datos entre la central celular, el manejador de sitios y las estaciones base de radio (MSC, MM y BTS), Contiene los canceladores de eco y está involucrado en los handoffs.

Sus principales funciones son:

- Concentrador de tráfico de los canales de voz, en una relación de 4:1, cuatro canales de voz por timeslot (64 kbps), lo que nos produce un considerable ahorro en la cantidad de E1's entre las BTS y la BSC, reduciendo con esto los gastos de renta de los enlaces E1/T1.
- Convierte las señales de PCM a QCELP, que es el formato que representa la voz en CDMA.
- Contiene los canceladores de eco
- Comparte la responsabilidad en el manejo de las decisiones de handoff con el Manejador de movilidad (Mobility Manager,MM)
- Realiza las funciones de transcodificación, (QCELP)
- Realiza Funciones de conmutación
- Efectúa la señalización en los canales de tráfico (TCH)
- Realiza la distribución de paging
- Manejo de Soft handoff

6.6.4. Procesador unificado de operaciones de red (UNO)

Las principales funciones del UNO son:

- Funciones de administración de alarmas.
- Administra los datos de funcionamiento.
- Administra los datos de planeación del sistema.
- Almacenaje de información y generación de reportes.
- Interfase gráfica para el usuario.

6.7. Interconexión entre el manejador de estaciones base y la central celular (BSC-MSC)

El BSC, por medio del transcodificador, comprime las señales digitales de las BTS en una relación de 4:1 reduciendo con esto los gastos de renta mensual. Esta es una mejora sustancial con respecto al sistema analógico.

Para calcular el número de necesario de enlaces para manejar la demanda de tráfico de voz entre la MSC y el BSC, se debe aplicar el criterio de Erlang. Aquí ya no se aplica ningún método de compresión.

6.8. Central Celular Digital (MSC)

La MSC se puede decir que tiene las mismas funciones descritas en los capítulos anteriores; solo como recordatorio las funciones principales de la MSC son:

- Generación de records de facturación.
- Translación de números.
- Contiene la base de datos de abonados (HLR interno).
- Responsable del hard handoff.
- Contiene la interfase A para su interconexión con el BSC.
- Contiene interfases de señalización hacia la PSTN y hacia la red inteligente, C7/SS7, MTP, IS-41, ISUP (ISDN User part), etc. Todos estos protocolos se utilizan como capa de enlace, transporte y aplicación.

6.9. Medio de Transmisión (MSC-PSTN)

La interconexión entre el MSC y el PSTN se puede clasificar de la siguiente forma:

Enlaces de tráfico de voz y señalización hacia la red de LD.

Enlaces de tráfico de voz y señalización hacia la red local.

Enlaces de tráfico voz y señalización hacia otros sistemas móviles.

Enlaces de tráfico voz y señalización hacia equipo de correo de voz.

Enlaces de voz y señalización hacia equipo centralizado de prepago, WPP.

Enlaces de señalización hacia equipo de red inteligente HLR, VLR, MR, etc.

Todos estos enlaces usualmente son realizados con equipos PCM los cuales deberán ser dimensionados de acuerdo al tráfico esperado.

6.10. Red Inteligente (IN)

La red inteligente se ha mencionado en los anteriores capítulos por lo que aquí solo se listarán los principales componentes:

- HLR Base de datos de abonados locales (Home Location Register).
- VLR Base de datos de abonados visitantes (Visitor Location Register).
- WPP Prepago (Wireless Prepaid).
- VM Correo de voz (Voice mail).
- SMS Registro de mensajes cortos (Short Message Register).
- STP Punto de transferencia de señalización (Signaling Transfer Point).

6.11. Ingeniería de Radio frecuencia de CDMA

Es una parte importante dentro del proceso de decisión en la selección de sistemas celulares, es aquí donde se identifica la viabilidad técnica de los sistemas, la calidad

de su funcionamiento, la flexibilidad de crecimiento y el grado de compatibilidad con las nuevas generaciones y nuevas tecnologías.

6.12. Transmisión y recepción.

El primer paso del proceso de transmisión es cuando la señal de voz es digitalizada, con lo cual adquiere un cierto ancho de banda BW [Hz]. El segundo paso consiste en que cada bit de la señal digital es multiplicado por una secuencia binaria pseudoaleatoria de n bits. El resultado de este proceso es una señal binaria con un ancho de banda nBW [Hz]. En seguida viene el proceso de entrelazado, en el que los bits se desordenan de acuerdo a una cierta regla de tal manera que permita ordenarlos nuevamente en el lado receptor. El encriptamiento y la protección contra errores son etapas muy importantes. Finalmente, esta señal binaria modula a una portadora senoidal, se le da potencia y sale por la antena al espacio. Es necesario anotar dos detalles importantes. Primero: que mientras todos los sistemas tratan de minimizar el ancho de banda de transmisión, CDMA lo maximiza. Segundo: si varios usuarios están siendo atendidos en un sector, todos transmiten con la misma frecuencia portadora y al mismo tiempo.

A la antena receptora le llegan simultáneamente varias señales CDMA, todas en la misma banda de frecuencias, con el mismo tipo de modulación, pero con diferentes códigos binarios. Después de ser de-moduladas todas ellas, pasan a un dispositivo correlador, capaz de seleccionar la señal correcta y desechar todas las demás. El último paso consiste en la conversión digital analógica de la señal de voz, para ser alimentada al audífono.

6.13. Cobertura de CDMA (CDMA Coverage)

CDMA ha demostrado que tiene una gran ventaja sobre otros sistemas digitales, ya que tiene cobertura con más alcance y más capacidad de penetración en interiores, aunque debe considerarse que esta capacidad disminuye cuando se tienen sistemas grandes con alta densidad de usuarios donde ya no se cumplen totalmente las condiciones de baja interferencia.

Pruebas de campo indicaron que CDMA puede funcionar en trayectorias con pérdidas mayores a 5 dB por encima de AMPS antes de que la llamada sea cortada-

6.14. Ancho de banda del canal

El ancho de banda del canal es de 1.25 MHz; esto se seleccionó como un décimo del espectro de E-AMPS (Bandas A y B = 12.5 MHz) y también para que sea mayor que el ancho de banda asociado con “la frecuencia de desvanecimiento” el cual es de de 200 a 300 kHz en la banda de 800 MHz.

CDMA no requiere bandas de guarda entre sus canales, pero son necesarias bandas de guarda de 270 kHz. entre los canales adyacentes de CDMA y de AMPS lo cual reduce el número de canales CDMA que pueden ser suministrados. También será

necesario tener bandas de guarda entre la banda A y la banda B. y es propuesto que la separación sea de 44 canales AMPS o 1.32 MHz. Las bandas extendidas de AMPS no pueden utilizarse debido a estas restricciones. En el ancho de banda útil se dispone de 322 canales (9.66 MHz) en la banda A y 289 canales en la banda B (8.67 MHz). Dado que el ancho de banda de un canal es de 1.25 MHz más 0.270 MHz de guarda, un canal ocupará 1.52 MHz. Lo cual significa que la banda A puede tener 6 portadoras y la banda B 5 portadoras. Esto es significativamente menos que las 10 portadoras planeadas originalmente.

6.15. Soft handoff

Como CDMA tiene la capacidad de transmitir simultáneamente desde dos celdas, durante una llamada establecida, los handoffs pueden ser hechos sin ninguna interrupción. Los sistemas CDMA son efectivamente diseños de $N=1$ de tal manera que los canales adyacentes estarán utilizando la misma frecuencia. Los handoffs son hechos de tal manera que la llamada es manejada al mismo tiempo por la celda original y por la celda destino hasta que el proceso es completado. Los receptores rake (Rake receivers) son utilizados para procesar ambas señales simultáneamente. La ventaja que se consigue con esto es que el handoff es virtualmente indetectable (una ventaja para las comunicaciones de datos) y la caída de llamadas es minimizada. Un móvil con una llamada en progreso continuamente monitoreará la celda adyacente y cuando requiera un handoff lo solicitará al Switch. El Switch a su vez establecerá la trayectoria del móvil hacia la celda destino (target) mientras todavía se mantiene la conexión con la celda original. Esta conexión paralela es liberada hasta que el móvil se ha establecido en la nueva celda.

Al inicio de una llamada se le proporciona al móvil un criterio específico de condiciones de handoff (de acuerdo a su condición actual), y con una lista de celdas candidatos para handoff. Durante la llamada todos los pilotos son monitoreados (con mayor énfasis en las celdas candidatas) y se almacena la información acerca de los niveles de señal de los pilotos que son mayores que los valores de umbral. Esta información estará disponible cuando el Switch la requiera. El Switch enviará un comando para efectuar la relocalización hacia una segunda celda, la cual es entonces monitoreada junto con la celda original. La decisión para permanecer en la celda original o moverse a la segunda es hecha en base a la relación de energía/ruido que tenga la portadora piloto. La decisión es hecha aún más efectiva solicitando que el handoff sea iniciado solamente si una segunda celda excede en un cierto tiempo el funcionamiento de la primera celda en una cierta cantidad pre-definida.

Nótese que efectivamente el proceso de handoff toma canales en paralelo y por tanto reduce la capacidad del sistema en un porcentaje típico del 30%. El soft-handoff es distinto al hard handoff, el cual ocurre cuando el móvil esta siendo re-direccionado hacia una frecuencia diferente. El hard handoff es muy parecido a un handoff analógico.

Un tercer tipo de handoff es el que ocurre de CDMA a analógico, el cual sucede cuando el móvil cambia de sistema.

6.16. Handoff más transparente (Softer handoff)

El softer handoff (versión de handoff) es utilizado para handoff entre sectores. Para este caso el sitio toma el control del handoff y suministra una trayectoria paralela entre los sectores. Las dos señales de los diferentes sectores son combinadas en diversidad para obtener una señal de máxima calidad. El Switch es informado acerca de esta actividad pero no participa activamente.

6.17. Mejoramiento de la multi-trayectoria.

En los sistemas analógicos, las diferentes trayectorias seguidas por una señal pueden superponerse constructivamente, aunque generalmente actúan destructivamente causando ruidos y algunas veces una completa pérdida de señal. En los sistemas CDMA las señales resultantes de la multi-trayectoria son identificadas por los diferentes tiempos de llegada.

Utilizando un banco de correladores donde cada uno de ellos se sintoniza a cada trayectoria (la cual es identificada por su retraso), todas las señales son procesadas de modo separado y agregadas en forma constructiva. También debe decirse que no todas las señales de multi-trayectoria pueden ser correlacionadas independientemente y por tanto el fading no se puede eliminar completamente, ni aún utilizando técnicas CDMA. En particular las señales derivadas de trayectorias diferentes que llegan con retardos menores a un 1 microsegundo no siempre pueden ser recombinadas.

De hecho en CDMA se utiliza la multitrayectoria la cual es deliberadamente inducida en la estación base creando retrasos de tiempo en el sistema de distribución de antenas.

En un sistema de antenas “distribuido” como se puede ver en la figura 6.3, retrasos de aproximadamente 2.5 μseg pueden ser utilizados entre las antenas con una ganancia de aprox. 10 dB en condiciones de multi-trayectoria baja ocasionada por los edificios).

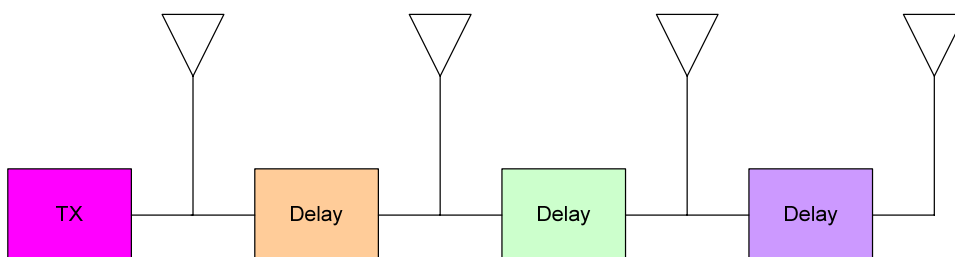


Figura 6.3 Concepto de antena distribuida

6.18. Correladores paralelos, (Rake receivers)

Rake receivers o correladores paralelos son utilizados para tomar ventaja de las condiciones de multi trayectoria, ya que en lugar de tener un solo correlador para sintonizar la mejor señal se utilizan tres en el móvil y cuatro en las estaciones base. La separación típica de las multi-trayectorias es de 1 a 2 μ seg.

6.19. Servicios adicionales (IS-95)

CDMA suministra los siguientes servicios adicionales:

Datos inalámbricos (Wireless data)

- Servicios de mensajes cortos (Short messages services).
- Almacenaje y envío de correo (Store and forward mail).
- Servicios de banda ancha a 64 kbps. (Wideband services).

Fax inalámbrico, Grupo 3 y grupo 4.

Servicios integrados digitales

6.20. Diversidad.

Virtualmente todas las formas de diversidad pueden ser explotadas:

Diversidad en Tiempo.

Puede ser realizado por medio del interleaving.

Diversidad en frecuencia.

Es inherente al sistema, debido al amplio ancho de banda utilizado en cada canal.

Diversidad en espacio.

Es utilizado de la siguiente manera:

- Múltiples trayectorias de señal desde dos o más celdas durante el handoff.
- Múltiples antenas.
- Uso de rake receivers en el procesamiento de la señal.

6.21. CDMA Overlay

Como se espera que CDMA tenga un incremento de capacidad de aproximadamente 10 veces con respecto del sistema analógico, se puede decir que su introducción será fácil. Se debe considerar que las bandas de guarda se deben aplicar en servicios adyacentes, y también dentro de la red misma. Debe notarse que todos los co-canales

de las portadoras de AMPS deberán estar al menos a una distancia de 30 Km., tanto de la portadora de CDMA como de las guardas.

6.22. Consideraciones de capacidad

Los factores que determinan la capacidad del sistema CDMA son:

- Ganancia de procesamiento.
- Proporción energía de bit/ruido.
- Ciclo de trabajo de la voz.
- Plan de reuso de frecuencias.
- Número de sectores utilizados.
- Ancho de banda disponible.

La voz, como se sabe, es un proceso con grandes pausas y esto es aprovechado para obtener capacidad extra. CDMA toma ventaja de las pausas que ocurren durante la conversación, reduciendo las velocidades de transmisión cuando no hay habla y por tanto se reduce el nivel de interferencia hacia otros usuarios; esto debido a que el ruido total de los usuarios limita la capacidad. Esta técnica incrementará el número total de usuarios por celda. El ciclo de trabajo de un usuario típico es de 35%; por tanto una reducción en interferencia neta de más de 2 puede ser alcanzada mientras que se obtiene un incremento similar en el tiempo de transmisión de voz.

La interferencia producida por las celdas adyacentes en una red CDMA es de aproximadamente 35% del total, como se muestra en la figura 6.4, mientras que la celda por sí misma produce el otro 65%. La contribución de interferencia de las celdas no adyacentes es de un 4% del total de la interferencia. La sectorización tiene un efecto neto en la reducción de la interferencia total en proporción directa al área cubierta por el sector. Por tanto la sectorización de 120 grados reducirá la interferencia total a 1/3, en la práctica la reducción es de 1/2.55 debido al traslape en la cobertura.

El gran ancho de banda utilizado en CDMA permite un codificado de gran redundancia lo cual no es posible en los sistemas TDMA debido a que estos utilizan un ancho de banda angosto y a sus altos requerimientos de relación señal/ruido (E_b/N_o).

CDMA solo requiere un E_b/N_o de 7.5 dB aproximadamente, para tener una calidad aceptable de voz.

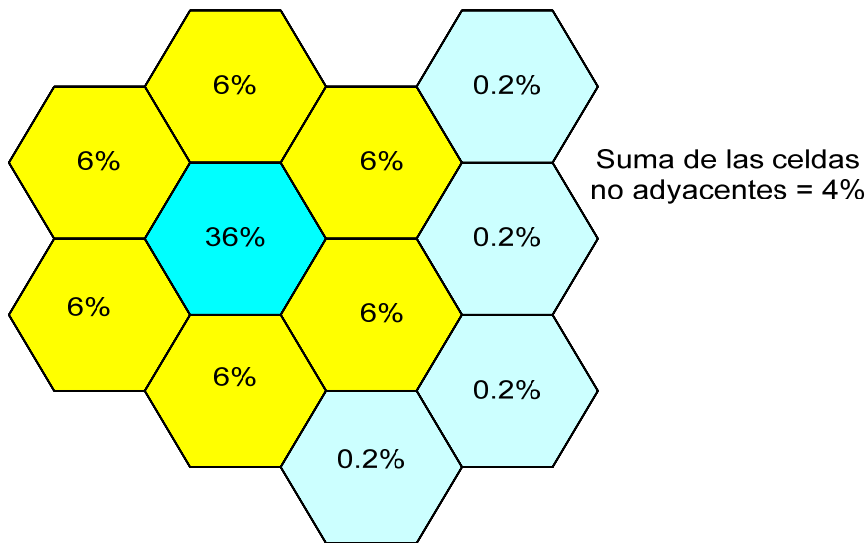


Figura 6.4 Contribuciones de interferencia debida a las celdas distantes

6.23. Funcionalidad de capacidad (Soft Capacity)

Los sistemas celulares tienen una capacidad definida para cada sitio. En el caso de CDMA hay un límite superior de 90 canales por canal o portadora de CDMA (1.25 MHz de ancho de banda), aunque el número real de canales que pueden ser utilizados depende del nivel de ruido del sistema. Es deseable que durante la hora pico se permita el incremento en el número de usuarios en los sitios, no importando que se tenga una pequeña degradación de calidad debido al incremento de la tasa de error.

La facilidad (feature) Soft capacity reduce de manera considerable la pérdida de llamadas, la cual se presenta por la falta de disponibilidad de canales durante la hora pico. Considerando que el equipamiento extra de canales se asignará dinámicamente, esta pequeña degradación persistirá mientras exista la demanda de canales extras.

No hay una relación simple que determine la capacidad ideal de canales de una celda CDMA, ya que la capacidad está limitada por la interferencia. Por tanto una estación base rural que no tenga celdas vecinas y que solamente tenga interferencia generada por ella misma será capaz de manejar 40% más de tráfico que una celda que opera en área multicelular (40% de interferencia generada por celdas vecinas).

De la misma manera las celdas que cubren las carreteras y que tienen tráfico alto durante las horas pico (salida o llegada al trabajo de los usuarios), estarán rodeadas de celdas que tendrán carga ligera durante los mismos períodos, esto significa que pueden llevar más tráfico sin degradar el bit error rate. Las ganancias típicas disponibles debido a este efecto son de un 20% de capacidad de tráfico adicional.

6.24. Control de potencia de bucle abierto

Ya que la capacidad de la celda está directamente relacionada al promedio de potencia de las unidades móviles generadoras de interferencia, es importante asegurar que la potencia del móvil sea exactamente la necesaria para lograr la calidad requerida en la señal. Niveles altos de señal proporcionarán un incremento moderado en la calidad de la voz pero el costo será alto ya que se tendrá un sistema con más baja capacidad.

Para ajustar su potencia de transmisión, el móvil monitorea las señales del canal de la estación base y estima las pérdidas de la trayectoria ajustando su potencia de acuerdo a los resultados de este cálculo. Las pérdidas reales más que las relativas pueden ser calculadas porque el canal de sincronización transmite el nivel de potencia que está siendo utilizado por el canal piloto. Esto permite tener conjuntamente en la red celdas de diferentes coberturas y potencias sin ningún problema. En caso de que ocurra un cambio repentino en el nivel de la señal, un ajuste en la potencia analógica permite un cambio de potencia de transmisión del móvil, el cual cuenta con un rango dinámico de 85 dB.

La respuesta para este cambio demora solo unos pocos micro segundos; esta velocidad de respuesta es limitada por la respuesta de bucle cerrado de la estación base. Este control de nivel analógico resultante de las mediciones y una respuesta calculada es conocido como control de bucle abierto.

6.25. Control de potencia de bucle abierto y cerrado.

En los sistemas analógicos y TDMA las pérdidas de trayectoria en una dirección son consideradas como una buena aproximación de las pérdidas de trayectoria en la dirección opuesta. Aunque esto es correcto para las pérdidas promedio de la trayectoria, el desvanecimiento Raleigh o desvanecimiento de multi trayectoria, es diferente en los canales hacia adelante y en los canales de reversa. Esto se debe a que la separación de 45 MHz entre los canales de transmisión y los de recepción es suficiente para asegurar que la multi trayectoria local será instantáneamente diferente para los dos canales. Debe ser notado que durante las mediciones de la intensidad de campo de la señal del canal piloto, el móvil estará viendo el nivel de desvanecimiento de la señal de multitrayectoria del canal hacia adelante y no estará obteniendo directamente la medición de su propio funcionamiento, por tanto si se tiene que hacer un ajuste rápido de intensidad de señal se debe considerar esta diferencia y esto se hace a través de control de bucle cerrado (closed loop control).

El control de bucle cerrado es utilizado para realizar el ajuste fino de los niveles de potencia. En el sitio celular, es medido el promedio de error (BER) y comparado con el valor promedio de referencia. Si el promedio actual es menor que el de referencia, se ordenará al móvil desde la estación base que reduzca su potencia en 0.5 dB. Este proceso es repetido a una velocidad de una vez cada 1.25 msegundos, hasta que se alcance el promedio de error esperado.

Como el móvil puede leer la potencia efectiva radiada (ERP) del piloto de la estación base, su propia medición en el canal hacia adelante es un buen indicador de las

pérdidas de la trayectoria; transmitiendo esta medición a la estación base, se puede determinar un nivel apropiado de transmisión.

Todavía se requiere un ajuste más fino para alcanzar los niveles ideales de transmisión de la estación base para ciertas pérdidas de trayectoria, aunque esto dependerá del nivel de ruido promedio del área.

Este ajuste fino es hecho periódicamente haciendo que la estación base reduzca su nivel de potencia hasta que el bit error rate en el móvil sea lo suficientemente alto para que el móvil solicite potencia adicional. Esto es hecho a mucha menor velocidad que en el caso del canal hacia atrás, con un cambio de solamente 0.5 dB por 15-20 msegundos. El rango dinámico de este ajuste es limitado a 6 dB.

6.26. Portadora Piloto (Pilot Carrier)

Cada celda tiene una señal piloto, la cual es utilizada para proveer la sincronización inicial y la verificación de las señales de tiempo y fase de la estación base. La cobertura de la celda puede ser controlada variando la potencia del piloto. Aunque cada piloto utiliza el mismo código, ellos tienen diferente off-set de fase y por medio de esto es posible identificarlos.

Como el mismo código es utilizado por todas las celdas, la sincronización es hecha efectuando una simple búsqueda a través de los códigos de fase posibles.

6.27. Estructura de canal CDMA.

El ancho de banda nominal de un canal de CDMA es de 1.25 MHz; sin embargo, la asignación real de frecuencias es de 30 kHz x 41 (1.23 MHz). El pseudo random (PN) chip rate es un múltiplo exacto de 9600 kbits/seg. Siendo, 128x9600 (1.2288 MHz).

Los códigos PN son generados por un registro de corrimiento retroalimentado, el cual proporciona un código con un periodo de 32,786 chips.

La señal transmitida es filtrada por un filtro pasa banda para limitar esta a 1.23 MHz.

El enlace hacia delante, dispone de un canal piloto, un canal de sincronización, y 63 canales de tráfico de los cuales 7 pueden ser canales de alerta (Paging Channels), ver figura 6.5

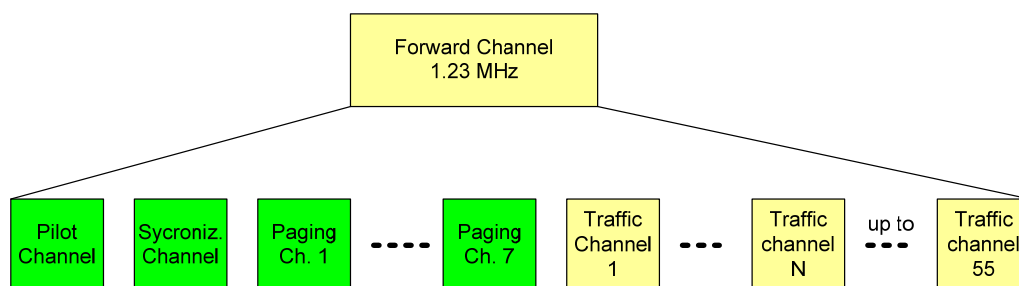


Figura 6.5 Estructura típica de un canal hacia delante (Forward), CDMA

El enlace hacia atrás, o sea de móvil a celda, utiliza el mismo PN chip rate, que el enlace hacia delante (Forward link) y adicionalmente tiene un off-set de código de fase fijo el cual es utilizado para identificar al móvil, tiene $2^{42}-1$ secuencias posibles, las cuales pueden ser direcciones. Este rango de direcciones es extremadamente grande y por tanto el grado de privacidad es muy alto. La estructura del canal hacia atrás se puede ver en la figura 6.6. Este canal puede contener hasta 32 canales de acceso y 64 canales de tráfico (Traffic Channels)

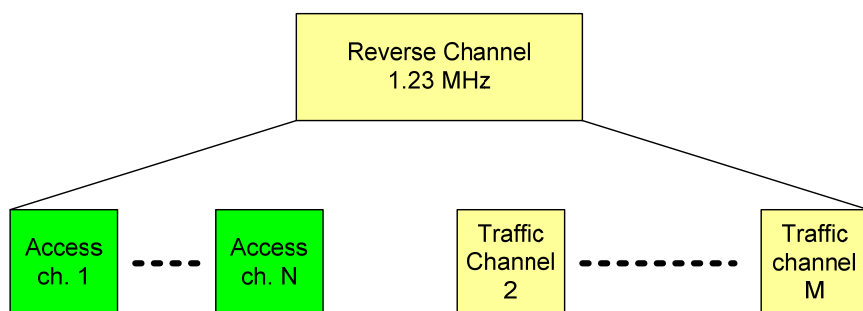


Figura 6.6 Estructura del canal hacia atrás (Reverse Channel)

6.28. Canal de sincronización

El canal de sincronización tiene el mismo off-set de fase que el canal piloto y es decodificado junto con el canal piloto. Este canal contiene la identificación del sitio, el nivel de potencia del piloto y la sincronización de tiempo del sistema. Es utilizado durante la fase de inicialización inmediatamente después del encendido del móvil y será accesado nuevamente hasta el siguiente encendido. El canal de sincronización lleva solamente un mensaje llamado el mensaje de sincronía de canal (Sync channel message) el cual contiene entre otras cosas la secuencia PN de la estación.

6.29. Canal de Alerta (Paging Channel)

Una vez que el móvil tiene el mensaje del canal de sincronización, se conmuta hacia el canal de alerta (paging), este canal transporta los siguientes 4 mensajes.

Mensaje de parámetros del sistema

Contiene parámetros de registro y detalles de los canales piloto.

Mensaje de Parámetros de Acceso

Contiene información de los canales de acceso

Mensaje de lista de vecinas (neighborg list message)

Contiene información acerca del offset de los canales vecinos

6.30. Lista de canales CDMA

Contiene la asignación de frecuencias de los canales de paging.

La función esencial del canal de paging es llamar al móvil cuando se tiene una llamada entrante; él también reconoce los registros de los móviles y puede prevenir el uso de móviles en mal estado.

Para preservar la vida de la batería, puede ser usado un modo de alerta (paging) llamado "slotted mode". Este asigna los móviles a ciertos canales (time slots) durante la actividad de registro de tal manera que el móvil será llamado solamente en un predeterminado timeslot por lo que no utilizará energía fuera de este timeslot. Los time slots pueden estar separados desde 2 hasta 128 segundos.

La velocidad de los datos de alerta (paging) es variable y puede ser de 2400, 4800, 9600 bits/seg.

A la velocidad de 9600 bits/seg. se pueden realizar hasta 180 pages por segundo, se tiene un máximo de 7 canales de alerta (Paging Channels) así que la velocidad máxima de alerta será de 1260 llamadas/segundo.

6.31. Canal de acceso (Access Channel)

Cada uno de los canales de alerta tiene asociado un canal de acceso por medio del cual el móvil responde a cada page o a cualquier instrucción recibida a través de este canal. Por medio de este canal el móvil solicita el acceso a la red. El procedimiento de acceso se realiza a una velocidad de 4800 bits/segundo.

6.32. Canal de tráfico (Traffic Channel)

Dependiendo de la demanda, el canal de tráfico puede enviar dinámicamente datos a 9600, 4800 o 1200 bits/seg. Durante pausas, la velocidad de datos de la trama se reduce pero se vuelve a incrementar si es necesario. Una trama de tráfico tiene una longitud de 20 mseg... Al igual que el sistema analógico las señales de CDMA son enviadas por el canal de tráfico, y esto se hace de dos maneras: la primera es la conocida "blank and burst" en la cual la trama de tráfico es remplazada por una trama de señalización, la segunda es llamada "dim-and-burst" en la cual la trama es transmitida a 9600 bits/seg. y es configurada para que la mitad de la trama se utilice para señalización y la otra mitad para tráfico de voz.

Esta técnica produce una degradación en la calidad de la voz la cual se considera despreciable.

Los mensajes que son enviados sobre el canal de tráfico son; control de handoff, forward link, power, call handling y autenticación.

6.33. Registro del móvil.

Los registros del móvil ocurren cada que este es encendido y depende también de la frecuencia de programación de este registro, de tal manera que se tiene que hacer una negociación entre la cantidad de recursos necesarios para soportar registros muy frecuentes (mantener el sistema bien informado de la localización de los móviles y por tanto restringir el envío del paging a unas cuantas estaciones base) o soportar registros muy separados (el sistema tendrá que hacer el page a través de todas las estaciones base porque no sabe exactamente la posición del móvil). CDMA soporta 8 tipos de registro

- Registro cada vez que se encienda el móvil (Power up registration)
- Registro por falta de batería (Power down registration). Este es considerado como el tipo de registro menos confiable, ya que si un móvil se encuentra fuera de cobertura o encuentra desvanecimientos locales estos eventos causan que el sistema pierda la llamada: sin embargo se podría decir que este registro es positivo ya que indicaría que no es necesario gastar la capacidad del sistema, llamando a un móvil que está apagado lo cual es importante en sistemas sobrecargados o con alto tráfico.
- Registro basado en tiempo (Timer based Registration), el móvil se registra automática y periódicamente.
- Registro basado en distancia (Distance based registration), el móvil analiza las coordenadas de las estaciones base (longitud y latitud) y calcula la distancia recorrida desde su último registro, cuando se ha alcanzado una distancia predeterminada él se registra nuevamente.
- Registro basado en la zona (Zone based registration), las estaciones base tendrán una identidad dependiendo la zona donde se localicen, por lo que el móvil se registrará cada vez que llegue a una nueva zona.
- Registro basado en ciertos parámetros (Parameter based registration): El móvil se registra nuevamente cada vez que es modificado un parámetro, por ejemplo el timeslot.
- Registro ordenado (Ordered registration): se ordena el registro del móvil por medio de comando desde la estación base.
- Registro Implicado (Implied registration): cada intento de utilizar el canal de acceso implica un registro.
- La estación base controla y deshabilita cualquier de las seis formas autónomas de registro (las que son iniciadas automáticamente por el móvil). El régimen actual de registro puede ser optimizado por SW.

6.34. Opción de Servicio.

El sistema CDMA esta estructurado para suministrar opciones de servicio por capas, las cuales son solicitadas por el móvil. Las opciones de servicio pueden ser inicialmente servicios, y estos son conocidos como opción de servicio 1: por ejemplo

la voz, datos o FAX. El tráfico secundario también es llevado en la misma opción y esto puede incluir paquetes de datos, los cuales son transmitidos en paralelo con la voz, pero a una velocidad que varía dependiendo de la velocidad de transmisión de la misma.

6.35. Autenticación.

Para propósitos de autenticación, CDMA utiliza el algoritmo CAVE (EIA/TIA/IS-54-B) y la estación móvil tiene su propia clave “A key” y datos que son secretos.

6.36. Vocoder de velocidad variable.

El vocoder inicial fue un dispositivo CELP de 8 kbits/seg. el cual proporciona una buena calidad de voz; sin embargo, la estructura de CDMA no está definida para una velocidad específica de datos en la banda base, por lo que se cuenta con una amplia variedad de velocidades de transmisión de datos, lo cual permite ofrecer servicios, tales como ISDN, fax, servicios con diferente calidad de voz y servicio de datos.

La codificación es hecha a nivel del controlador de sitios, donde un grupo (pool) de vocodificadores a diferentes velocidades de datos es asignado por el controlador de estaciones base de acuerdo a la demanda.

6.37. Construcción simple

Aunque CDMA tiene un proceso de codificación complejo el proceso puede ser reducido casi enteramente a la parte de SW, por lo que su producción masiva se simplifica en forma considerable. CDMA tiene la configuración más simple de HW comparada con cualquier otro sistema moderno de telecomunicaciones.

El receptor del móvil es esencialmente un transceptor duplex, que viene equipado con un duplexor el cual permite al móvil sintonizarse a cualquiera de las 20 portadoras de disponibles.

El receptor móvil trabaja con el principio del superheterodino que es de uso casi universal.

Aparte del Hardware de RF, se tienen dos circuitos integrados de aplicación específica cuyo funcionamiento se puede considerar dividido en tres partes, como se muestra en la figura 6.7.

- Los demoduladores
- El modulador del abonado
- El decodificador Viterbi.

6.38. De-moduladores.

El modulo del usuario contiene tres receptores de trayectoria única (conocido como fingers) los cuales son implementados como un receptor rake (rake receiver). Cada uno de los tres apuntadores (fingers) es un demodulador independiente con capacidad

para efectuar monitoreo de frecuencia (tracking frequency), monitoreo del tiempo (time tracking) y demodulación de datos. Con estos fingers se pueden analizar tres señales multitrayectoria. Combinando adecuadamente las tres salidas se obtiene una importante mejora de la relación señal/ruido. La señal piloto de la estación base es usada para determinar la relación de fase que permita una combinación coherente. Un cuarto demodulador conocido como buscador (searcher) es utilizado para explorar en forma continua las señales de multi-trayectoria y asignar las señales más fuertes a los fingers. El buscador (searcher) también es utilizado para realizar handoffs directos, seleccionando la mejor trayectoria entre dos celdas.

6.39. Modulador de abonado.

El módulo “modulador de abonado” (subscriber modulator), realiza la modulación en el transmisor a nivel banda base, contiene el codificador convolucional, el bloque intercalador que revuelve los bits en forma ordenada (block interleaver) y el secuenciador de propagación (sequence spreader).

La potencia de salida del modulador es controlada tanto por el procesador de control como por el receptor analógico, la señal de 850 MHz es modulada a la salida.

El modulador también contiene el desintercalador del receptor.

6.40. El Módulo decodificador Viterbi.

El módulo decodificador Viterbi, decodifica las señales utilizando el algoritmo de Viterbi. Las salidas con la máxima relación de diversidad en el combinador son primero desintercaladas y después decodificadas utilizando el decodificador Viterbi. El modulo Viterbi es un chip de 144 pines con un consumo de potencia de 50 mW en standby y 300 mW en pleno procesamiento de las funciones de Tx y Rx.

6.41. Equipo del sitio celular

El sitio celular puede tener dos o más antenas de recepción con la que se obtiene diversidad en espacio. El grado de la diversidad de espacio puede ser fácilmente incrementado con el uso de antenas adicionales. El procesamiento de la señal es muy parecido al realizado en el móvil; aunque, como no hay señal piloto disponible desde el móvil, la combinación de multi trayectorias será incoherente.

La estación base utiliza dos receptores buscadores.

La simplicidad del móvil también se aplica sobre la red donde una estación base contiene tres ASIC similares, los cuales funcionan igual que el MSM.

Un canal en la estación base utiliza 4 demoduladores de estación base (BSD) los cuales son configurados para formar un receptor rake con cuatro trayectorias de demodulación.

Un sitio celular básico es mostrado en la figura 6.8. Cada base tiene un estante digital donde se realiza el procesamiento de los canales y estos pueden ser de voz o de control. Las tarjetas de canal procesan la señal a nivel de IF y después la dirigen hacia los transceptores. El controlador de la celda (CC) asigna los recursos de tráfico, colecciona estadísticas y distribuye información de base de tiempo. Un receptor de GPS (Global Positioning Satellite) proporciona el timing requerido por el sistema. Los receptores GPS comerciales de timing tienen una exactitud de $\pm 3 \times 10^{-12}$ y la mayoría de ellos tiene un reloj de 10 MHz

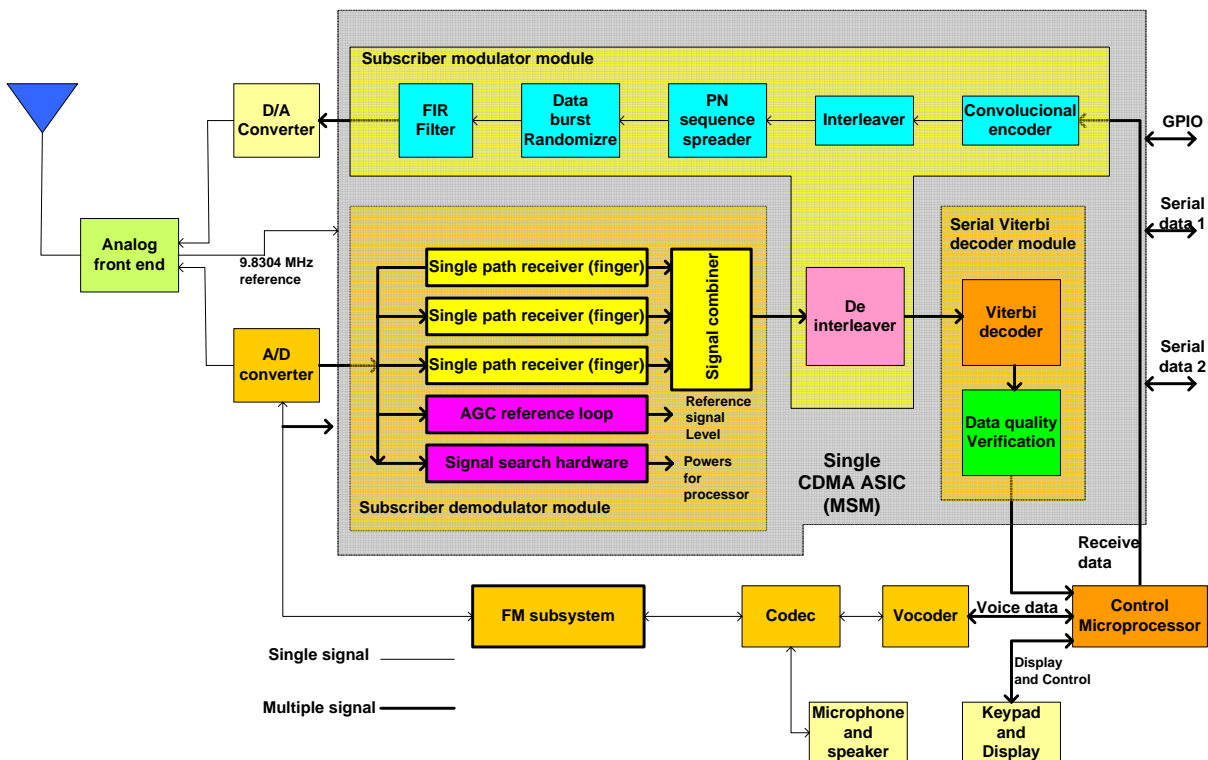


Figura 6.7 Diagrama funcional del modem de la estación móvil (Mobile Station Modem)

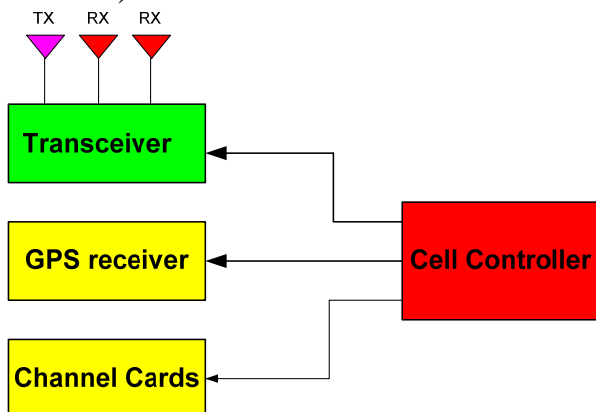


Figura 6.8 Estructura de una celda de CDMA

6.42. Planeación de Frecuencias.

Un factor de reuso en el sistema de $N=1$ significa que todas las frecuencias son reusadas en todos los sitios y haría sentir que la planeación de frecuencias es cosa del pasado; pero en realidad esto no es cierto. En el caso en el que el sistema este siendo instalado en una área nueva (donde no exista un sistema analógico utilizando parte de la banda de frecuencias) se tendría una ventaja obvia si se adopta un plan de frecuencias $N=4$, el cual eliminaría la interferencia co-canal y por lo tanto incrementaría la capacidad de cada sitio celular en aproximadamente 40%.

La situación más frecuente es cuando el sistema CDMA es instalado junto a un sistema AMPS existente. Un plan de frecuencias de $N=1$ es lo que se tendría disponible; o sea que no habrá inicialmente un plan de frecuencias pero se tendrá que hacer un esfuerzo para minimizar el efecto de la interferencia co-canal a fin de evitar la reducción de la capacidad de la red. Las estaciones base que tengan tráfico analógico y digital deben ser revisadas cuidadosamente para identificar la existencia de interferencia co-canal, ya que el sistema CDMA no es muy tolerante a la interferencia.

El mayor reto de la planeación de frecuencias será eliminar la interferencia de canal adyacente. Las bandas de guarda deben ser consideradas (lo cual significa eliminar aún más canales analógicos) ya que es posible que los canales adyacentes generen interferencia si se encuentran muy cercanos y puedan bloquear el canal de CDMA.

La banda de AMPS esta en proceso de recuperación en las ciudades pequeñas y medianas; a medida que esta recuperación progrese, se puede implementar un reuso de frecuencias de $N=2$ o $N=3$, con lo cual se conseguirá un incremento en la capacidad de las estaciones base. Para ciudades pequeñas se sigue aplicando la vieja regla de usar el más alto N .

El compromiso será conseguir la cobertura con el menor número de sitios y una vez que esto se alcance se deberá obtener un plan N de frecuencias óptimo para alcanzar la máxima capacidad de tráfico.

Para la mayoría de las ciudades se tendrá una mezcla de planes de frecuencias, pero aún en las grandes ciudades siempre se tendrá algo que ganar si se adopta $N=2$ o $N=3$ en las áreas suburbanas.

6.43. Controlador de estaciones base (BSC)

El BSC realiza las funciones usuales de “vocoderización” suministrando un vocodificador por cada trayectoria de habla. Las señales de voz desde las estaciones base son digitales y necesitan ser pasadas por un vocodificador para convertirlas a un estándar de voz digital de 64 Kbps o voz analógica según se requiera. En el caso en que la estación base se vea involucrada en un handoff, el BSC utilizará un selector (asociado a cada uno de los vocodificadores) para seleccionar dinámicamente la mejor radiobase en función de la calidad de las tramas. En el caso de que se tenga una llamada desde la red pública el BSC asignará un vocodificador para digitalizar la señal.

El BSC determina y controla la apropiada distribución de las celdas para cada uno de los móviles y el código PN que será utilizado en la llamada.

6.44. Capacidad

En los sistemas celulares aparte de la interferencia, existen otros factores que limitan su capacidad y estos pueden ser:

- Control de potencia.
- Corrección de error hacia adelante (Forward Error Correction).
- Codificado de voz de velocidad variable (variable speech rate coding).
- Esquema de re-uso utilizado.

El C/I (la proporción portadora/interferencia) puede ser expresado como se muestra en la ecuación 6.1

$$\frac{C}{I} = \frac{R \cdot E_b}{W \cdot N_0} \text{-----} (6.1)$$

Donde: R= tasa de transmisión de bits [bits/seg]

E_b = Energía de señal por bit [Joules/bit]

Por tanto

$R \times E_b$ = Potencia de la señal binaria [Watts]

W = ancho de banda del sistema [Hz = 1/seg]

N_0 = Densidad espectral de potencia de la interferencia. [Watts/Hz]

Por lo tanto:

$W \times N_0$ = Nivel de potencia de la interferencia. [Watts]

C = Potencia recibida desde el móvil. [Watts]

I = Potencia neta de la interferencia. [Watts]

Tomando en consideración que la función de control de potencia asegura que todos los móviles tengan el mismo promedio de potencia recibido, el nivel de potencia de interferencia de la estación base será:

$C \times (N - 1)$ donde N = numero de usuarios en el sistema

Substituyendo $I = C(N - 1)$ dentro de la ecuación 6.1:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \times \frac{1}{\frac{E_b}{N_0}} \text{-----} (6.2)$$

En cualquier comunicación de voz una buena parte del tiempo se pasa en escuchar o en pausas; CDMA toma ventaja de esto enviando blancos mientras que no haya nada que transmitir. Típicamente el periodo de actividad de voz será de aproximadamente 35% del tiempo total. La potencia de la interferencia es reducida proporcionalmente

al periodo de actividad. Si A es el factor de actividad entonces la potencia total de ruido es NA

Por lo que la ecuación 6.2 se convierte en:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \times \frac{1}{\frac{Eb}{No}} \times \left(\frac{1}{A}\right) \text{-----} (6.3)$$

Otro factor que afecta la capacidad del sistema es la sectorización, donde el número de usuarios es incrementado en proporción directa al número de fuentes de interferencia (abonados que producen interferencia) que se eliminan por el uso de antenas sectorizadas. En el caso de tener tres antenas (celdas perfectas de 120 grados) la interferencia dentro de cada una de las celdas será 1/3 de la que se tiene en una celda omnidireccional. Por lo que la capacidad será incrementada por un factor de 3.

Se debe notar que debido al traslape de cobertura entre las celdas este factor se reduce a 2.55. Este valor se conoce como ganancia de sectorización.

Considerando la ganancia por sectorización = S

por tanto:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \times \frac{1}{\frac{Eb}{No}} \times \frac{1}{A} \times S \text{-----} (6.4)$$

Hasta ahora el análisis ha considerado solamente interferencia de los usuarios que se encuentran en la celda y como se tiene un sistema CDMA con factor de reuso de $N=1$ todas las celdas adyacentes contribuirán con cierta cantidad de interferencia. Esta contribución es aproximadamente de cerca del 35 % de la interferencia total por tanto el número total de usuarios debe ser reducido por un factor de eficiencia "F" de tal manera que la ecuación de capacidad será:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \times \frac{1}{\frac{Eb}{No}} \times \frac{1}{A} \times S \times F \text{---} \quad 6.5$$

Para utilizar esta ecuación en el cálculo de capacidad se suponen las condiciones siguientes:

$$W = 1,250,000$$

$$R = \text{data rate} = 9600 \text{ bits/seg.}$$

$$E_b / N_o = 7 \text{ dB, o } 5 \text{ expresado como una proporción.}$$

$$A = 0.35$$

$$F = 0.65$$

$$S = 2.55$$

Substituyendo estos datos en la ecuación 6.5, se tiene:

$$N = 122$$

Esto significa que puede haber hasta 122 usuarios simultáneos, los cuales significan 118 Erlangs con un GOS de 0.05.

Para saber qué significa esto en términos de capacidad relativa, se puede comparar este resultado con un sistema analógico que utiliza la banda B con 396 canales de voz y que esta sectorizado a $N = 4$. La base analógica tendría 99 canales por celda, lo que proporciona una capacidad de 94.3 Erlangs (GOS 0.05).

La ventaja en capacidad puede ser identificada de inmediato ya que en el caso analógico se ha utilizado la totalidad de los 12.5 MHz del espectro de la banda A o B, y en el sistema CDMA solo se ha utilizado un canal de 1.25 MHz.

Cinco portadoras o canales de CDMA están disponibles dentro del mismo ancho de banda. (Ya incluidas las bandas de guarda) de tal manera que el sistema CDMA es $(5 \times 118/94.3)$ o 6.25 veces más eficiente que el analógico en términos de espectro.

6.45. Pruebas de funcionamiento de CDMA IS-95

Comparando coberturas con la tecnología analógica, el radio de cobertura de CDMA es 33% más grande. Se hicieron mediciones de nivel de señal en donde se produjeron las caídas de llamadas para AMPS y CDMA. La caída de llamadas para CDMA fue a un nivel de -116 dB mientras que para el AMPS el nivel de caída fue de -110 dB.

6.46. Potencia de señal vs. frame error rate.

El error de trama es virtualmente independiente de la intensidad de señal para niveles utilizables de señal; solamente cuando se alcanza el nivel piso de ruido de -110 dB el BER se incrementa.

6.47. Efectividad del receptor Rake.

Hubo dudas de que en áreas de alta densidad de multi-trayectoria (centro de la ciudad) se tendrían retrasos de propagación muy pequeños para tomar ventaja de los receptores rake. Pero fue verificado que estos receptores son muy efectivos en el centro de las grandes ciudades.

La utilización de los receptores rake es aproximadamente:

1 finger	30% del tiempo
2 fingers	50% del tiempo
3 fingers	20% del tiempo

6.48. Potencia Transmitida por el móvil comparada con AMPS

CDMA siempre transmite 5 dB por debajo del móvil de AMPS y en áreas de alta intensidad de campo (cerca del transmisor) el nivel de transmisión del móvil de

CDMA es mucho más bajo, y esta diferencia es a veces 60 dB. Esta es una ventaja muy grande en sistemas de CDMA con alto re-uso de frecuencias.

6.49. Ancho de banda total disponible para CDMA:

Se utilizan las mismas bandas de frecuencia que en AMPS. Se tiene que liberar parte del espectro de AMPS para localizar la tecnología digital CDMA. Se puede realizar un cálculo del total absoluto de portadoras disponibles

$$BW=(894-869.04) +(849-824.04)=24.96 +24.96=49.92 \text{ MHz}$$

$$S= 49.92 \text{ MHz}/1.25\text{MHz}= 40 \text{ portadoras}$$

La figura 6.9 nos muestra la distribución de frecuencias para el sistema CDMA

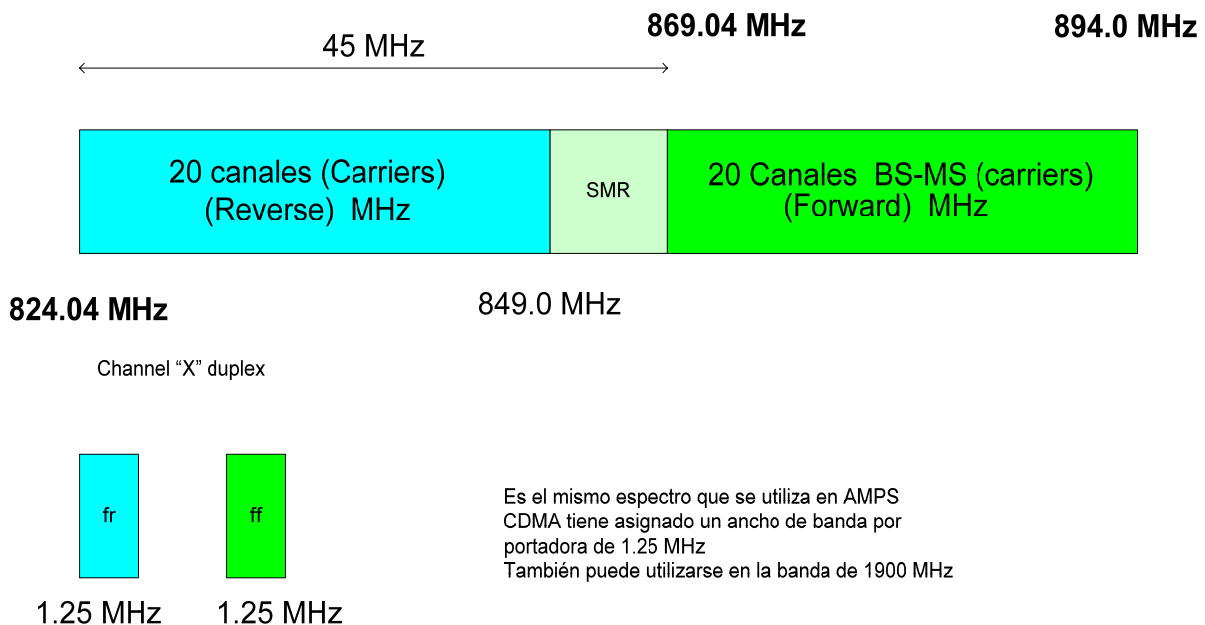


Figura 6.9 Distribución de frecuencias del sistema CDMA

6.50. Método de acceso, modulación y codificación

En CDMA se tienen tres elementos de importancia que son el acceso, la modulación y el codificado: por medio de estas tres variables se define el ancho de banda a utilizar. La figura 6.10 muestra el proceso de modulación y codificación.

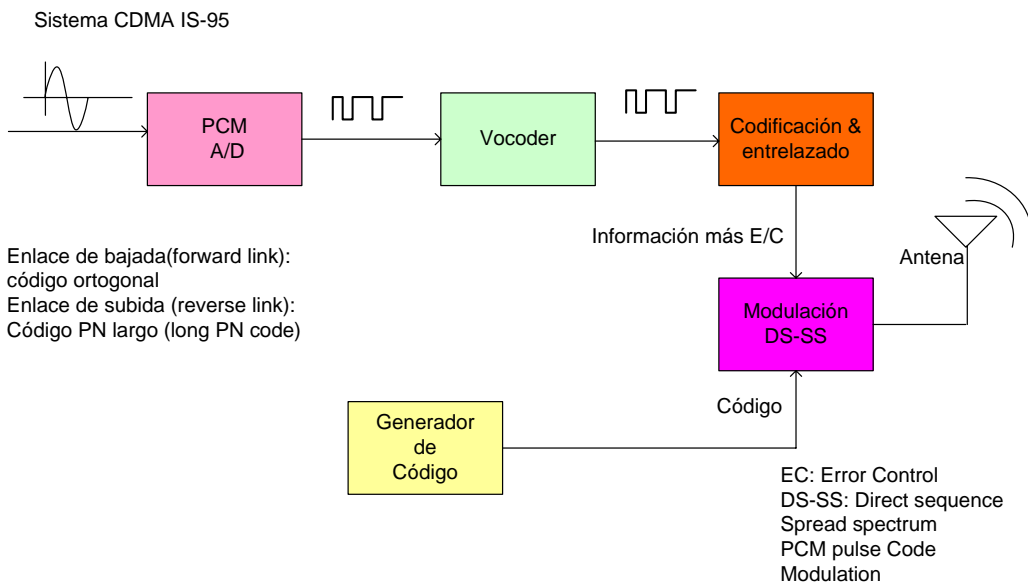


Figura 6.10 Proceso de modulación y codificado

6.51. El método de acceso (CDMA)

En CDMA, la unidad móvil que pretende hacer uso del servicio utiliza el canal de acceso para negociar con la estación base. En caso de que haya capacidad se procede a asignarle dos frecuencias portadoras y dos códigos pseudo aleatorios. Las portadoras son comunes a varios usuarios pero los códigos no. En caso de que la calidad de la comunicación se altere hay varias opciones: el reajuste de potencias o la reasignación de frecuencias portadoras... Este dinamismo en el control de la comunicación es el corazón de la técnica CDMA. En la figura 6.11 si Jan y Lupe están conversando frente a frente, seguramente están utilizando el mismo par de frecuencias portadoras pero cuatro diferentes códigos pseudo aleatorios.

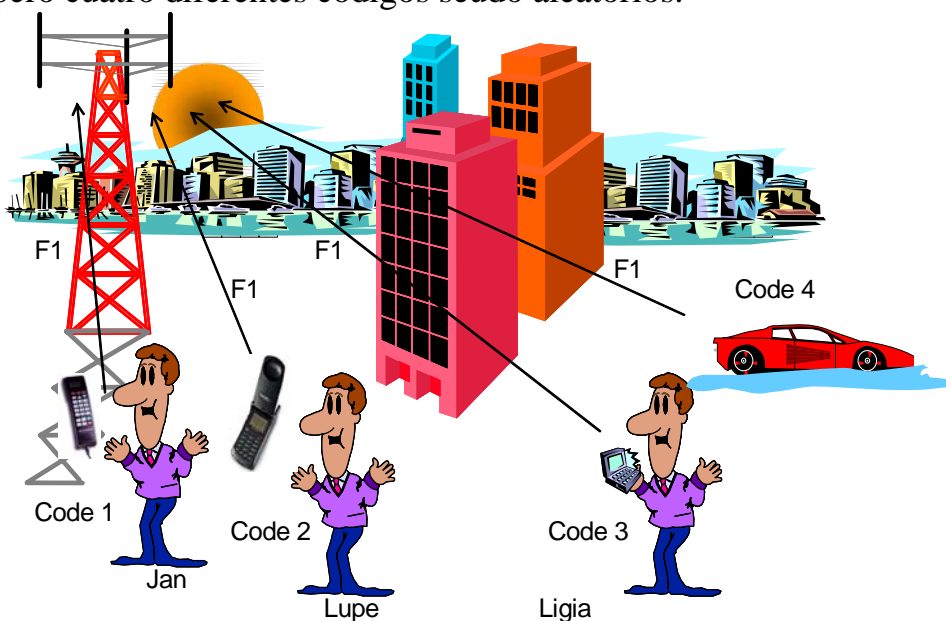


Figura 6.11 Método de acceso CDMA

6.52. El método de modulación

Existen diversos esquemas de modulación utilizados en comunicaciones celulares: Para este caso específico de CDMA, el método de modulación utilizado es OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Key) y QPSK (Quadrature Phase Shift Key).

6.53. Codificación de voz en IS-95, CDMA

En CDMA se utilizan vocoders de velocidad variable, donde los estándares de codificación de voz en IS-95 son:

IS-96: 8 kbps variable

IS-733: 13 kbps variable

IS-127: 8 kbps variable (EVRC, Enhanced Variable Rate Coding), Codificación ampliada de velocidad variable. En la figura 6.12 podemos ver el proceso de codificación.

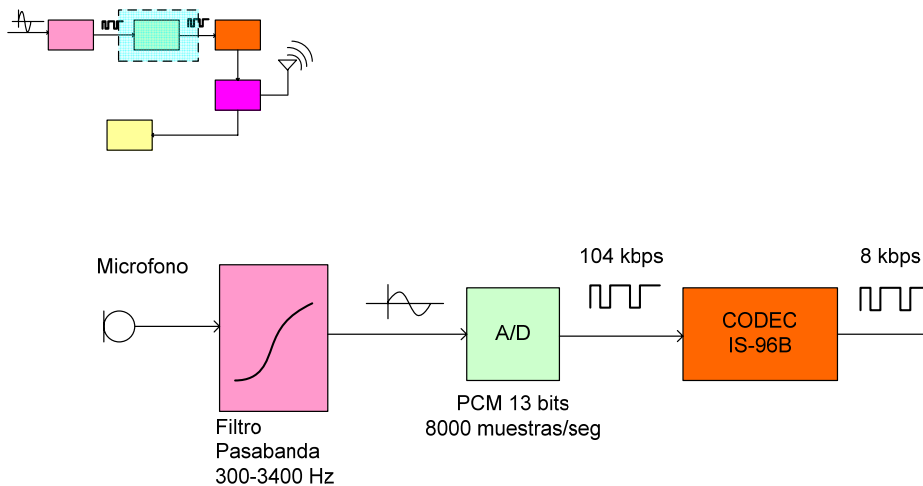


Figura 6.12 Codificación de voz en IS-95

La codificación se utiliza para proteger a la señal en su viaje a través del medio de transporte. Esta tarea se realiza mediante la duplicación de la información original por medio de códigos convolucionales de tal forma que si existe alguna ráfaga de errores no se destruya el mensaje original. Por supuesto esto aumenta el ancho de banda requerido. En IS-95 se utilizan tasas de códigos convolucionales de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$. Ver figura 6.13

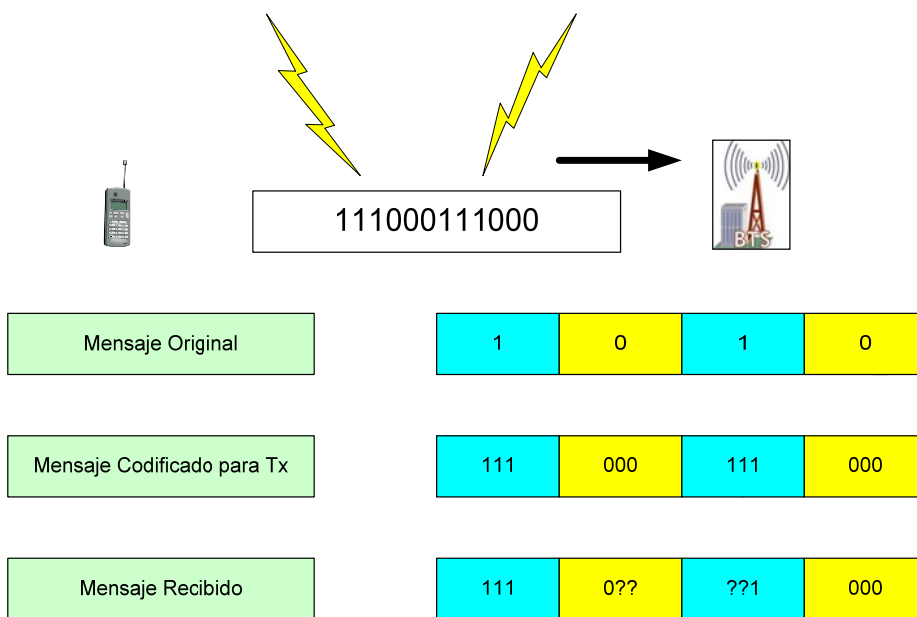


Figura 6.13 Codificación en IS-95

Después de codificada la información se cambia el orden de los bits bajo ciertas reglas (interleaving) de tal forma que cuando exista una ráfaga de errores no se afecte mucho el mensaje original. Ver la figura 6.14

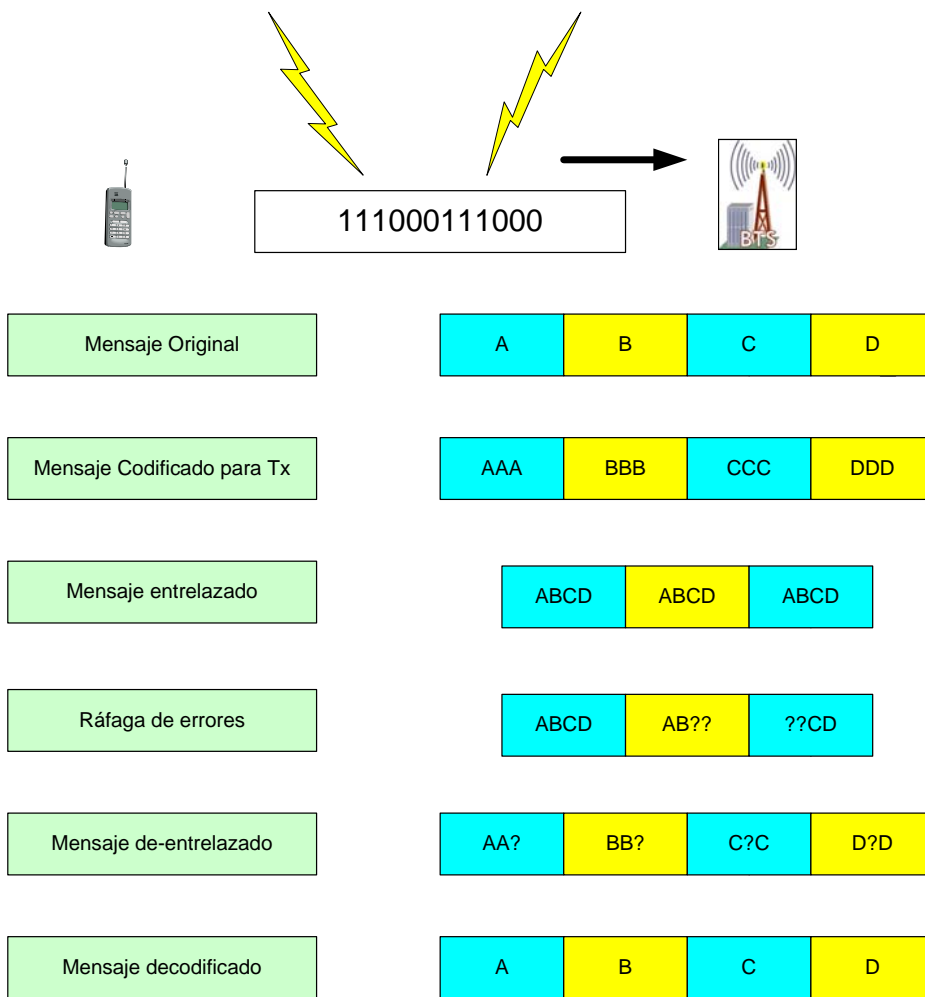


Figura 6.14 Codificación y entrelazado

A continuación se presenta un diagrama a bloques, figura 6.15, donde se puede observar el manejo de los datos de usuario y los códigos PN en ambos extremos de la trayectoria del habla.

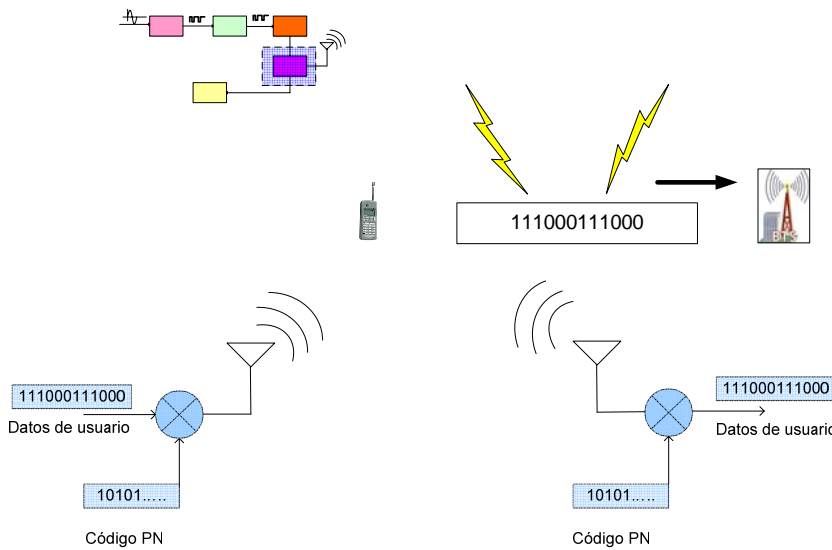


Figura 6.15 Trayectoria de aire, datos de usuario y códigos PN (codificación de la señal y esparcimiento)

6.54. Handoff entre sistemas.

En ciudades de alto tráfico, y alta densidad de usuarios se requiere más de una MSC; por ejemplo, en la Ciudad de México, se tienen mas de 19 MSC, por lo que se divide geográficamente por zonas servidas por cada una de estas MSC; por consiguiente un móvil durante su recorrido podrá ser atendido por diferentes sistemas, realizándose el inter-system hand-off en cada cambio de sistema. Esto aplica para sistemas colindantes o que tengan frontera común. Esto está controlado por el protocolo IS-41.

6.55. Requerimiento de sincronía en IS-95

Con el fin de asegurar que cualquier portadora pueda ser generada de forma independiente en el transmisor y el receptor con error de fase despreciable, es necesario que todos los transmisores y receptores estén sincronizados a una misma referencia de reloj. Una forma de realizar esto es utilizando las señales del sistema de satélites GPS (Global Positioning System).

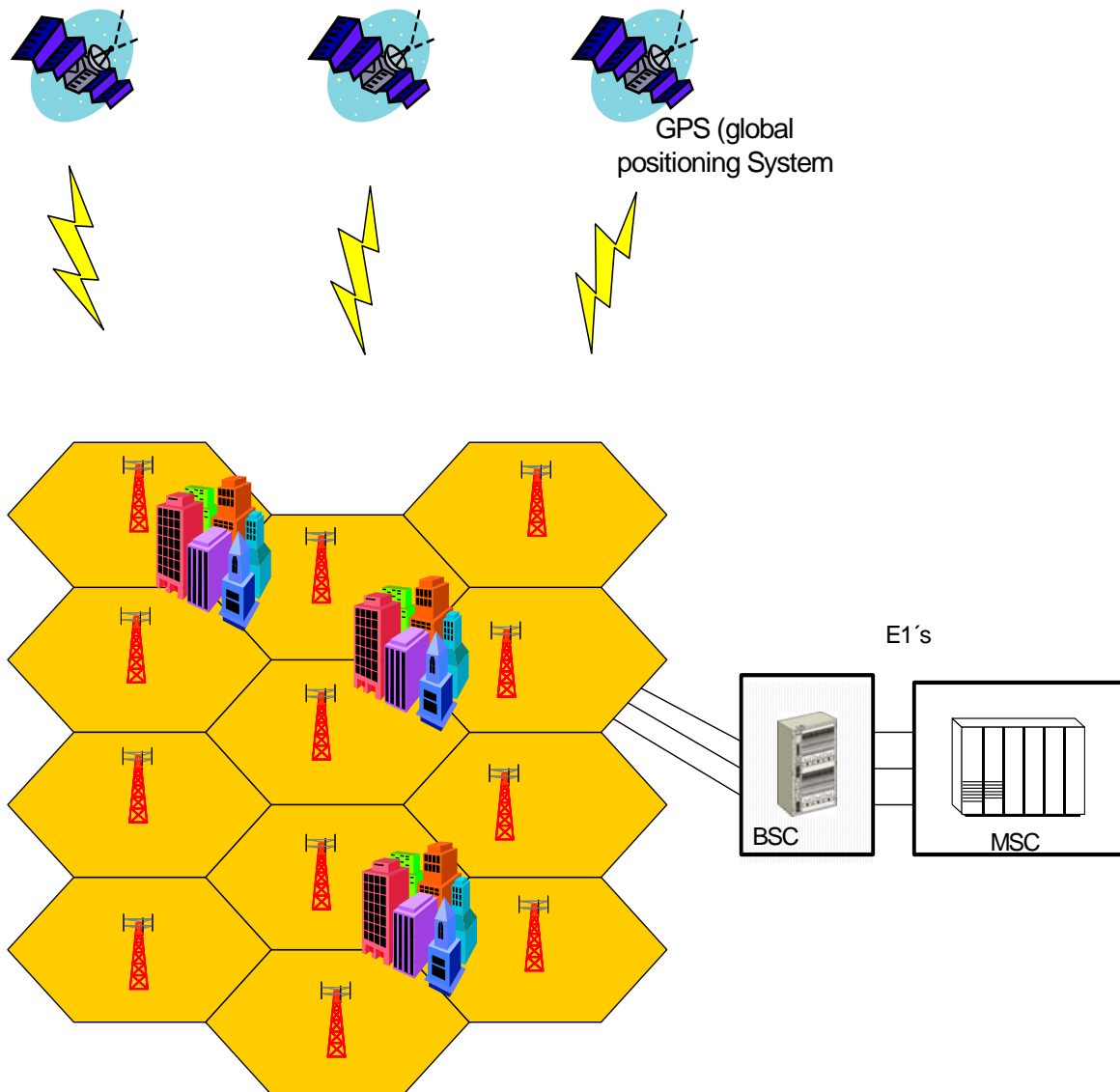


Figura 6.16 Requerimientos de Sincronía en IS-95

6.56. Conclusiones

CDMA es actualmente una tecnología madura que soporta muy bien las necesidades de comunicación de voz y proporciona buenos servicios adicionales. El problema es que las empresas, en su afán de prevalecer, mejoran continuamente la calidad del servicio y desarrollan aplicaciones de gran sofisticación, forzando al software y al hardware a realizar operaciones más y más complicadas. Esto conduce finalmente a que la tecnología resulte insuficiente y sea necesario migrar tratando de alcanzar fronteras cada vez más lejanas. Es aquí donde la empresa que proporciona el servicio tiene que decidir si conserva la tecnología en uso, realiza inversiones en nueva tecnología, se retira del mercado o se fusiona. Lo bueno de esto es que el trabajo para el ingeniero no se termina.

Capítulo 7
Red de Acceso Inalámbrica de banda Ancha
WIMAX

7.	WIMAX BANDA ANCHA INALÁMBRICA -----	185
7.1.	Introducción a las redes inalámbricas -----	185
7.2.	La comunicación inalámbrica, cuando y donde se quiera -----	185
7.3.	Redes Inalámbricas-----	186
7.4.	Tecnologías de redes inalámbricas -----	188
7.5.	La Tercera Generación de Sistemas Móviles. -----	189
7.6.	WLAN-----	190
7.7.	WIMAX-----	192
7.8.	Plan de trabajo de Wimax.-----	197
7.9.	Construcción de Wimax -----	198
7.10.	Tecnología Wimax -----	199
7.11.	Arquitectura -----	201
7.12.	Capa MAC -----	202
7.13.	Capa Física (PHY)-----	210
7.14.	Estándares de Wimax. -----	217
7.15.	Forum de Wimax -----	221
7.16.	Regulación de Wimax -----	223
7.17.	Lanzamiento de WIMAX (Wimax Rollout) -----	224
7.18.	Arquitectura end-end de Wimax-----	225
7.19.	Soluciones Wimax -----	229
7.20.	Principales aplicaciones de Wimax-----	232
7.21.	Convergencia -----	234
7.22.	Conclusiones -----	240

7. Wimax Banda Ancha Inalámbrica

7.1. Introducción a las redes inalámbricas

En este capítulo se analizará una situación sumamente especial: no solo se trata de realizar comunicación eficiente de voz: ahora adquiere enorme importancia transmitir datos, conectarse a internet, enviar y recibir imágenes, etc. El sistema telefónico se está convirtiendo rápidamente en un sistema integral de transmisión de información.

En los últimos 6 años, el crecimiento de las tecnologías inalámbricas ha sido explosivo, la combinación de la movilidad y la banda ancha es una mezcla tecnológica que hará crecer exponencialmente este sector.

El principal factor detrás de este gran crecimiento ha sido la facilidad que suministra el medio inalámbrico para satisfacer substancialmente al menos dos componentes, de los tres que son el objetivo principal de las telecomunicaciones: comunicar en cualquier tipo de información, en cualquier momento, en cualquier lugar.

7.2. La comunicación inalámbrica, cuando y donde se quiera

La tecnología inalámbrica está orientada a poner en operación métodos más rápidos y confiables de transferencia de datos más rápidos y más confiables y también, aunque en menor grado, obtener un audio de mejor calidad. Esto último se menciona porque es tradicional que los sistemas telefónicos ofrecen inteligibilidad sacrificando la fidelidad.

Algunas características básicas de los sistemas de comunicaciones inalámbricas las cuales son atractivas para los usuarios, son mencionadas a continuación.

Los sistemas inalámbricos habilitan mejor la comunicación, incrementan la productividad y proporcionan mejor servicio a los usuarios, permiten el acceso a la información fuera de la oficina, mantienen en contacto a los usuarios dondequiera que ellos estén, habilitando con esto el desarrollo de los negocios desde cualquier parte.

Sus costos iniciales de implementación son muy favorables comparados con los costos para sistemas de líneas fijas.

La telefonía celular llega a lugares inaccesibles o económicamente inviables en caso de sistemas alámbricos, proporcionando servicios inteligentes tales como mensajes cortos (SMS) y mensajes de multimedia.

El roaming hace del acceso global una realidad; actualmente muchas partes del mundo están cubiertas cuando menos por un proveedor de servicios inalámbricos, por lo que esta facilidad permite estar conectado en cualquier parte.

La comunicación inalámbrica incluye dispositivos personales, aparte de los teléfonos celulares, de tal manera que su objetivo es proporcionar diferentes maneras de mantenerse informado independientemente del lugar, ver Figura 7.1

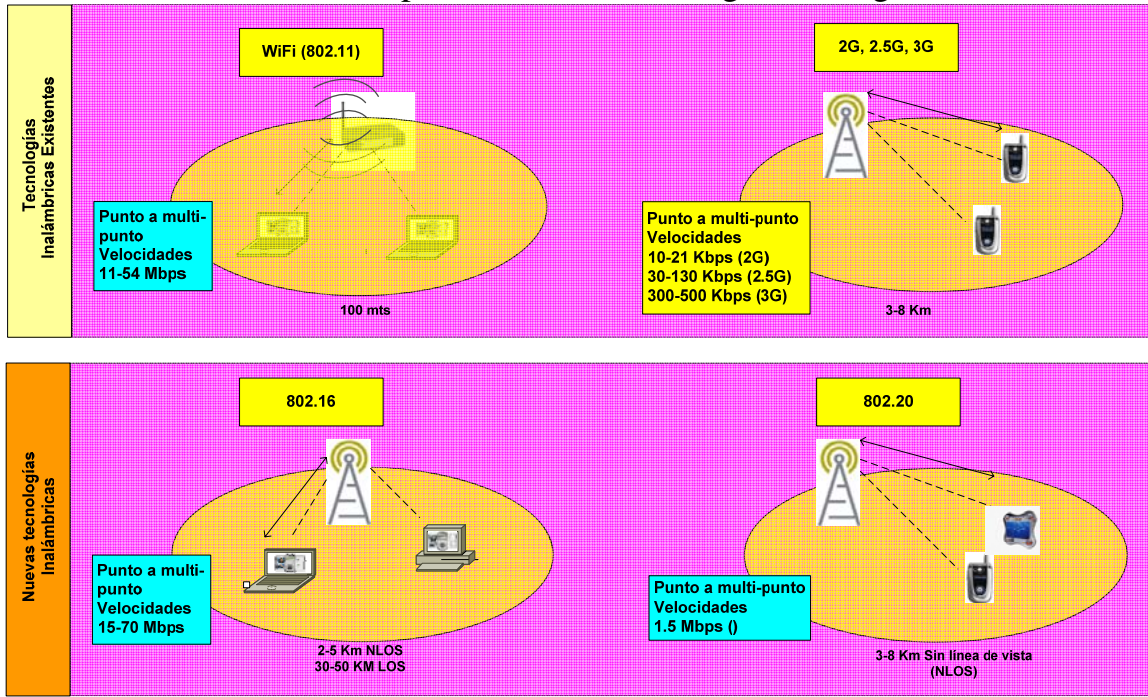


Figura 7.1 Tecnologías inalámbricas

7.3. Redes Inalámbricas

Estas permiten a los usuarios una movilidad casi ilimitada y acceso en cualquier parte, a diferencia de las redes fijas donde, una dirección representa una posición física y si el usuario se aleja de su terminal queda desconectado.

En una red inalámbrica, la unidad direccionada como destinatario de un mensaje es una estación y no una posición fija.

Los factores más notables que han contribuido al crecimiento exponencial de esta tecnología son: El boom de internet, la necesidad de movilidad, los bajos costos, las tasas de transmisión de datos cada vez mayores, la mayor duración de la batería y las aplicaciones más amigables e innovativas.

Todo esto ha dado como resultado que actualmente en algunos países el número de teléfonos inalámbricos sea mayor que el número de las líneas fijas.

La infraestructura inalámbrica es más flexible que la fija, ya que la red de acceso fija es dedicada a un área específica, y su productividad depende de la aplicación que le dé el usuario. En el servicio inalámbrico no se tienen estas limitaciones, su uso puede compartirse o reasignarse entre los usuarios más fácilmente que en la infraestructura fija, por lo que la productividad del servicio es mayor.

7.3.1. Factores de impulso (drivers) para los sistemas inalámbricos.

El viejo axioma que afirma “información es poder” ha sufrido solo pequeños cambios. Ahora se dice: “Información en grandes volúmenes, sin errores, obtenida antes que la competencia, es poder”. Esta información, puede ser utilizada en dos formas: para negociar con ventaja y para optimizar procesos industriales, comerciales y de servicios. Con estas premisas, los carriers exigen más a los fabricantes de sistemas celulares y estos compiten entre ellos para satisfacer estas demandas. El beneficiado final es el usuario, ya sea corporativo o personal.

7.3.2. Problemas en las redes inalámbricas

Como en cualquier nueva tecnología existen problemas comunes que son específicos a la tecnología inalámbrica y que afectan la implementación y utilización de estas redes, como la interferencia electromagnética y los obstáculos físicos que limitan la cobertura y problemas específicos tales como los estándares, el throughput y la facilidad de uso.

7.3.3. Topología inalámbrica de la red

Existen básicamente tres maneras para conectarse a la red inalámbrica:

Conexión Punto a punto (Point to Point Bridge)

Esta conexión; puede enlazar dos redes o dos edificios.

Un punto de acceso puede conectar la red a múltiples usuarios. Por ejemplo, una conexión LAN inalámbrica puede servir como interfase directa entre una red Ethernet y un punto de acceso particular, en el caso de tener varios dispositivos en un lugar distante.

Conexión punto-multipunto (point-to-multipoint Bridge)

Cuando se tienen tres o más LAN's localizadas en varios pisos o edificios se utilizan las conexiones inalámbricas Punto-Multipunto. La configuración de la conexión inalámbrica multipunto es similar a la conexión punto a punto

Redes Mesh o *ad hoc*

Una red *ad hoc* (peer to peer) es una red local independiente que no está conectada a una infraestructura o red alámbrica. En esta red todas las estaciones están conectadas directamente una con otra, (llamada topología Mesh). La configuración de una WLAN en modo ad-hoc es utilizada en una red donde la infraestructura inalámbrica no existe; por ejemplo, durante alguna exposición de negocios. Ver Figura 7.2

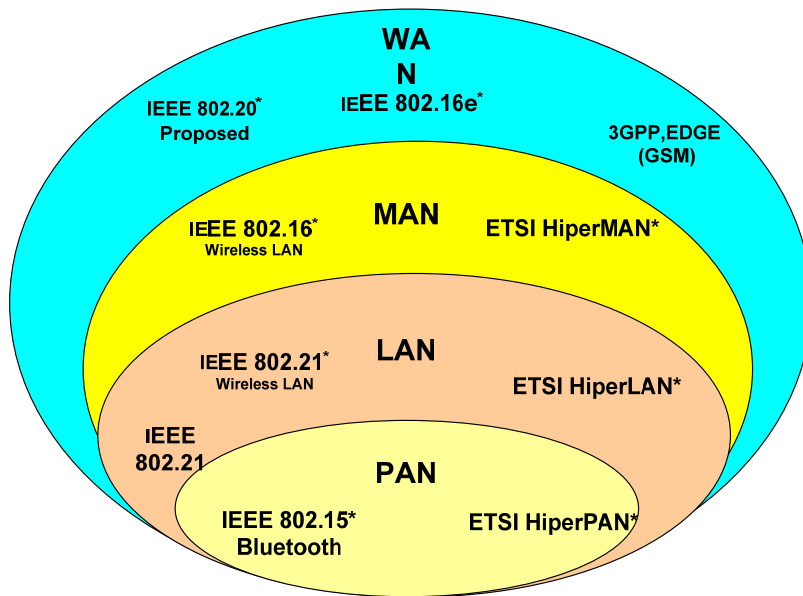


Figura 7.2 Estándares de las redes inalámbricas

7.4. Tecnologías de redes inalámbricas

El alcance de la tecnología inalámbrica abarca desde las redes globales de voz y datos hasta las redes infrarrojas y de radiofrecuencia de muy corto alcance.

Los dispositivos comúnmente utilizados son: computadoras personales, PDA's, teléfonos celulares, computadoras de mano, pagers, etc.

La tecnología inalámbrica ha evolucionado substancialmente durante los últimos años y dependiendo de su alcance es clasificada de la siguiente manera.

7.4.1. Red inalámbrica de área amplia (Wireless Wide Area Network, WWAN)

Esta red está diseñada para habilitar a los usuarios a acceder a Internet por medio una laptop o PDA que tengan instalada una tarjeta de acceso WWAN.

Las tasas de transmisión son altas y tienen un alcance bastante grande. Las redes celulares y móviles basadas en CDMA y GSM son buenos ejemplos de WWAN.

7.4.2. Red inalámbrica de área local (Wireless Local Area Network, WLAN)

Esta diseñada para usuarios que accedan a Internet en hotspots específicos, ya sea por medio de una laptop o una PDA que contenga la tarjeta de acceso WLAN. La tasa de transmisión es relativamente alta si se compara con la velocidad de las tecnologías móviles. Su alcance es limitado. Dentro de las diferentes soluciones de WLAN, WiFi es la más popular.

7.4.3. Red inalámbrica de área personal (Wireless Personal Area Network)

Permite a los usuarios acceder a Internet por medio de una laptop o PDA que contenga una tarjeta de acceso WPAN. Su tasa de transmisión de datos es muy alta si se compara con la velocidad de las tecnologías móviles. Su alcance es muy limitado.

7.4.4. Red inalámbrica de área regional (Wireless Region Area Network, WRAN)

Esta diseñada para que los usuarios accedan a Internet y servicios de “multimedia streaming”. Sus tasas de transmisión son muy altas comparadas con las de las tecnologías móviles e inalámbricas, su alcance es muy extenso. El compromiso específico del grupo de trabajo de WRAN, es desarrollar un estándar para una interfase de aire basada en radio para el uso de dispositivos licenciados-no licenciados, sin problemas de interferencia y dentro del espectro del servicio broadcast de TV.

7.5. La Tercera Generación de Sistemas Móviles.

El impresionante crecimiento de la telefonía móvil celular y la necesidad de comunicación de datos aseguran un enorme potencial para este mercado que combina la mayor tasa de transmisión con la conveniencia de la tecnología móvil. Esto nos lleva a la tercera generación, en donde una de sus versiones, Universal Mobile Telecom Service (UMTS), ofrece acceso de alta velocidad a los usuarios, en cualquier lugar del mundo Tabla 7.1

La tercera generación de sistemas móviles está enfrentando problemas técnicos, como la entrega transparente de servicios a través de las redes fijas e inalámbricas.

En Europa, están en evaluación dos tipos de redes de tercera generación, UMTS y sistemas móviles de banda ancha, (Mobile Broadband Systems, MBS)

Acceso múltiple por división de código, CDMA 2000

Proviene del estándar IS-95. CDMA2000, ha tenido una cantidad considerable de desarrollo, particularmente en la parte de los canales de trabajo.

Los operadores existentes de banda angosta de CDMA One (IS-95 A/B) pueden implementar estos servicios de tercera generación en las bandas de frecuencia existentes.

Acceso Múltiple por división de código, banda ancha (WCDMA, Wide Code Division Multiple Access)

Es considerada por muchos como la plataforma preferida para los sistemas celulares de tercera generación, ya que ofrece una migración transparente a las redes de GSM (haya o no evolucionado a GPRS/EDGE) y proporciona una alternativa de migración a las redes de CDMA de banda angosta. Por tanto, parece ser que la tecnología W-

CDMA cubrirá la mayoría del mundo aprovechando su compatibilidad con las tecnologías anteriores.

Tecnología	Máxima Velocidad	Lanzamiento Comercial	Beneficios	Desventaja o Parte negativa	Importancia
GPRS	171.2 Kbps	2001	Datos paquetizados para GSM	Las velocidades de datos pueden ser frustrantes	Fué la tecnología más exitosa en 2005
HSCSD	115 kbps	En Uso	Canales dedicados	Implementación baja	No será una solución principal
EDGE Clasico	384 kbps	2003	Mas altas velocidades de datos paquetizados y de circuitos	Muy caro, poco soporte a la terminal	No podrá competir con W-CDMA
EDGE Compact	250 kbps	2002	Mas altas velocidades de datos paquetizados y de circuitos para redes TDMA	AT&T que es el mayor interesado ha cambiado de opinión	No será exitoso
CDMA IS/95B	115 kbps	En Uso	Tecnología de paquetes para redes CDMA, compatible con IS-95A	Solamente Adoptado en Corea y Japón	La mayoría de los operadores prefieren implementar CDMA 2000 1X MC
CDMA 2000 1X MC	307 kbps	2002	Altas velocidades de datos y migración transparente	Limitado a la infraestructura existente a nivel mundial	Buena tecnología pero no sobrevivirá
PDC-P	9.6 kbps	En Uso	Utilizado por NTT DoCoMo	Solo Japón, baja velocidad de datos	La tecnología inalámbrica de paquetes más exitosa del mundo
W-CDMA	2 mbps	2001-2003	Soporte masivo por parte de la industria	Muy alto costo de uso de licencias	De hecho es el estándar global
CDMA 2000 3xMC	2 Mbps	2004	Compatible con 1X MCy con IS-95A	El Soporte ha disminuído	Buena tecnología pero no será exitosa
CDMA EVDV	2.4 Mbps	2003	Migración transparente	Limitada a desarrollar unaimplementación global	No será de las principales
CDMA Xtreme	5.2 Mbps	2004	Muy altas velocidades de datos	Tecnología propietaria Nokia/Motorola	Nada indica que los carriers la quieran adoptar

Tabla 7.1 tecnologías celulares y móviles

7.6. WLAN

WLAN es el acrónimo de la red inalámbrica de área local, Esta tecnología utiliza señal de radio de alta frecuencia para la comunicación entre nodos.

Su implementación ha tenido un avance lento pero bastante firme en los usuarios particulares, los negocios y las corporaciones.

Cuando se compara el costo de las tarjetas y los puntos de acceso con el cableado hacia los cubículos y lo inflexible de esta conexión, se entiende porqué la solución WLAN es atractiva a la gente. Se debe considerar aparte el precio de la interconexión del punto de acceso (backhaul)

La capacidad del estándar de Ethernet baja aproximadamente a 2 Mbps y esto a causa de la interferencia o de la distancia entre el usuario y el punto de acceso.

Si la tarjeta de interfase de red (Network Interface Card) y el punto de acceso soportan roaming, el usuario puede moverse alrededor del edificio o campus y el NIC conmutará entre los puntos de acceso cercanos dependiendo de la intensidad de señal “beacon” que esté recibiendo de ellos. La estación que reciba la señal más fuerte tomará el servicio.

El crecimiento de WLAN inicia desde la creación del estándar 802.11, el cual permite la inter-conectividad móvil de alta velocidad. Aunque más tarde fue ratificado un nuevo estándar, el “viz 802.11b”, al que también se le conoce como “Wireless Fidelity” WiFi.

Otros tipos de tecnologías WLAN, son WIMAX, Bluetooth, Home RF y Open Air.

7.6.1. WiFi

Anteriormente cuando se hablaba de WiFi se hacía referencia solamente al estándar 802.11b. Ahora este término se refiere a un conjunto más amplio de estándares, el cual incluye desde el 802.11a hasta 802.11g.

El estándar 802.11a, proporciona un bit rate de 54 Mbps a una frecuencia de 5 GHz.

Así mismo el estándar 802.11g proporciona tasas de datos más altas que el 802.11a, a una frecuencia de 2.4 GHz.

El estándar más utilizado es el 802.11b, que trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz a una tasa de 11 Mbps; sin embargo, se tienen problemas de interferencia e interrupción de servicio ya que una variedad de productos, tales como teléfonos inalámbricos y dispositivos de apertura de garajes utilizan la misma frecuencia

El estándar 802.11a trabaja en la frecuencia de 5 GHz la cual está menos utilizada y permite transferencia de datos de hasta 54 Mbps, pero tiene menor alcance que el 802.11b (15-22.5 m)

7.6.2. Hotspots

Proveen el servicio de WLAN (sin costo o por una cierta tarifa), desde lugares públicos (restaurantes, cafeterías, etc.). Para acceder a los hotspot, las laptops deben ser configuradas con la tecnología WiFi de tal manera que esta pueda conectarse con otros productos. Las laptops con tecnología WiFi pueden enviar y recibir datos desde cualquier parte de la cobertura de la estación base de WLAN.

El IEEE está preparando la especificación final del 802.11g la cual combina el uso de la frecuencia de 2.4 GHz con las tasas de transmisión más altas del 802.11a.

7.6.3. Problemas de WiFi

Inicialmente el problema principal de WiFi fue la falta de seguridad, la cual afectaba principalmente la información propietaria de las corporaciones. Por tanto se crearon varios estándares y versiones de SW como posible solución, lo cual creó confusión, e incompatibilidad con los productos existentes.

Otros problemas de WiFi fueron la compatibilidad y la interpretabilidad; por ejemplo, los productos del 802.11a no son compatibles con el 802.11b debido a las diferentes frecuencias de operación, por lo que un hotspot de 802.11a no trabajará con un cliente 802.11b.

7.6.4. Tarificación

Los proveedores de WiFi están buscando formas de resolver los problemas de la integración del Back-End y la tarificación, los cuales han detenido por algún tiempo el desarrollo comercial de los hotspots.

Algunas de las múltiples opciones de tarificación de WiFi son: el cobro por día, por hora, por origen, por contenido, por volumen o una tarifa fija mensual, etc.

7.7. WIMAX

La esperanza de tener acceso de banda ancha a Internet en cualquier parte, y a cualquier hora, se ha visto como un sueño distante, lejos de la realidad para la mayoría de los usuarios con laptop; sin embargo, con Wimax esto pronto será una realidad.

Ya que Wimax es actualmente una de las tecnologías en desarrollo más importantes de la industria y se espera que estos sistemas entreguen servicios de banda ancha a precios muy económicos a los usuarios residenciales y empresariales.

Wimax representa en realidad dos diferentes tecnologías en el mercado: la primera es para el uso “inalámbrico fijo” soportado por el estándar **IEEE 802.16-2004** y la segunda para aplicaciones móviles, que estará bajo las especificaciones del estándar **802.16e** el cual se espera esté terminado a finales del 2006.

Hasta ahora el Wimax fijo es capaz de reemplazar las redes de DSL (de cable) o hacer funciones de backhaul. En el futuro Wimax transformará el escenario de la banda ancha móvil, habilitando implementaciones de redes metropolitanas de banda ancha (MAN) a precios muy competitivos basados en el estándar IEEE 802.16e.

Hay muchas ventajas en los sistemas basados en 802.16; por ejemplo, capacidad de proveer servicio en áreas difíciles donde es imposible implementar infraestructura cableada, conectividad a una distancia de 30 millas, amplia cobertura que puede ser

aprovechada para implementar redes metropolitanas de acceso, capacidad de transferencia de datos de 75 Mbps y más.

La tecnología inalámbrica de banda ancha de alta velocidad promete abrir nuevas oportunidades de mercado para los operadores, para los suministradores de servicios de Internet inalámbrico y para los proveedores de equipo. La flexibilidad de la tecnología inalámbrica combinada con su alto throughput, la escalabilidad y los features de largo alcance del IEEE 802.16 ayudarán a llenar los gaps de cobertura de la banda ancha y se podrá tener acceso a millones de nuevos usuarios residenciales y de negocios en el mundo. Ver figura 7.3

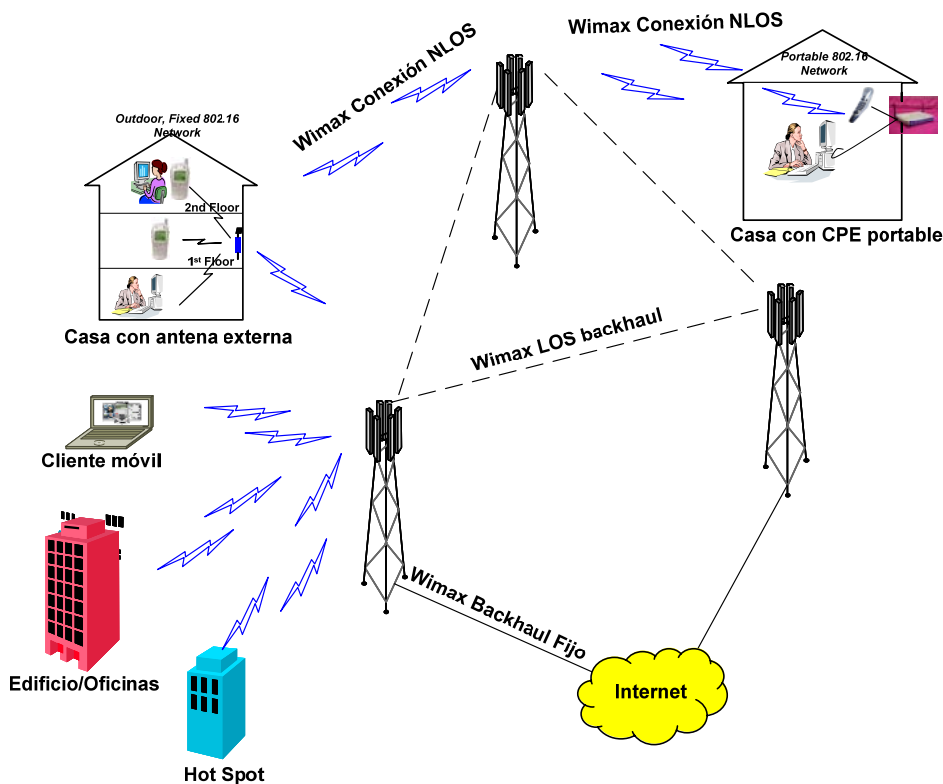


Figura 7.3, Soluciones de Wimax

IEEE 802.16 es un estándar que define el uso del ancho de banda en los rangos de frecuencia de banda licenciada de 10 y 66 GHz, y en las bandas con licencia y sin licencia, de 2 a 11 GHz. También define la capa MAC que soporta las especificaciones de múltiples capas físicas que corresponden a cada una de las bandas de frecuencia en uso y sus regulaciones.

IEEE 802.16 soporta muy altas tasas de transmisión desde la estación de radio (BS), tanto en carga como en descarga (Uploading-Downloading), en distancias de hasta 50 Km. lo cual permite el manejo de los servicios de VoIP, conectividad IP y transporte de voz y datos en formato TDM.

Podemos decir que Wimax es una versión inalámbrica estandarizada de Ethernet, la cual fue concebida inicialmente como una alternativa para las tecnologías de cobre (DSL y T1/E1) que se utilizan en el suministro de acceso de banda ancha a los usuarios finales. Esta aplicación es conocida como “acceso de banda ancha de ultima milla”.

El estándar 802.16 es extenso y complejo y siempre está en evolución, contiene muchas opciones y extensiones, por lo que la interoperabilidad es su mayor problema. 802.16 es integrante de una familia de tecnologías que están siendo estandarizadas para crear versiones de Ethernet que puedan operar en distancias que van desde unos cuantos metros hasta decenas de Km. (PAN, LAN, MAN, WAN).

802.16 es el miembro MAN de la familia. Ver figura 7.4

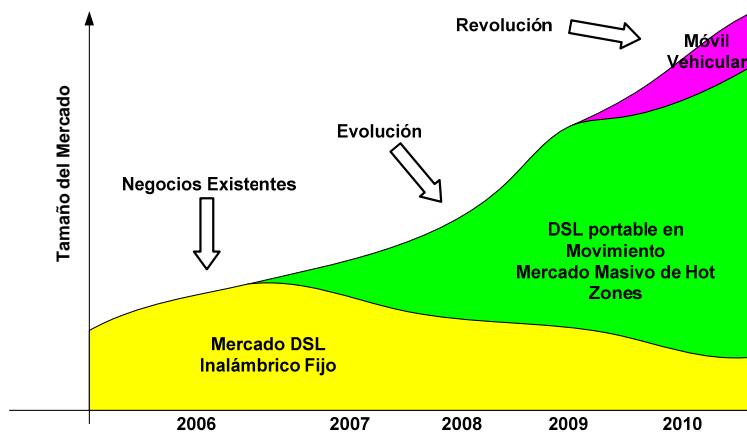


Figura 7.4, De la evolución a la revolución

Una de las razones del gran interés mostrado por la industria en Wimax es su bajo costo y la flexibilidad que promete. Las redes de banda ancha de Wimax pueden ser construidas rápidamente en comparación con los sistemas de cobre. La escalabilidad de Wimax es alta ya que se pueden agregar fácilmente nuevas estaciones de radio y canales de radio de acuerdo al crecimiento de la demanda. Se espera que Wimax pueda ofrecer inicialmente una capacidad por canal de 40 Mbps para aplicaciones fijas y portátiles la cual será suficiente para soportar cientos de negocios con T1/E1's y para proporcionar servicio a cientos de residencias con capacidad DSL (Voz, video e Internet). La primera aplicación seguramente será proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha a edificios o a zonas rurales compitiendo con las redes de cobre existentes; también puede ser utilizado en la interconexión de los hotspots de WLAN a la red Internet.

Se supone que Wimax proporcionará servicios de banda ancha a dispositivos móviles pero esto depende del desarrollo y fabricación de los chips Wimax que deberán ser integrados en las PC's (2006), PDA's y teléfonos móviles (2007-2008).

7.7.1. Comparación entre Wimax, WiFi y 3G

Wimax, basado en la familia de estándares 802.16, puede ofrecer acceso inalámbrico de banda ancha a usuarios residenciales y de negocios a bajo costo, El estándar soporta velocidades de transferencia compartida de datos de hasta 75 Mbps desde una sola estación base. La entrega aproximada de servicio a residencias es de 300 Kbps y de 2 Mbps para negocios, proporcionando además la solución al problema de la última milla.

Wimax ofrece cobertura de acceso inalámbrico de hasta 50 Km comparado con los 30 mts de WiFi y los 10 mts de Bluetooth.

WiFi es la más popular solución de WLAN gracias a su estándar abierto de alta velocidad y su buena capacidad de manejo de la interferencia; sin embargo, su principal limitación es el alcance. El servicio de tecnología inalámbrica a través del hotspot tiene un alcance exterior típico de 300 mts y de 100 mts en interiores a causa de la interferencia.

Wimax es similar al estándar inalámbrico de WiFi pero a mucha mayor escala y mayores velocidades. La versión nómada permitirá a los dispositivos Wimax permanecer conectados en grandes áreas parecido a como se hace actualmente en celular.

WiFi típicamente provee acceso local por unas decenas de metros a velocidades de hasta 54 Mbps, en cambio una antena de Wimax tendrá un alcance de hasta 50 Km. a velocidades de 70 Mbps o más. WiFi no provee cobertura ubicua, mientras Wimax sí.

La 3G de celular tiene un gran alcance, es móvil, confiable, plug and play, segura y privada, con velocidades de datos más o menos manejables, pero las aplicaciones de datos son muy caras, 10 veces más que sus similares en la red fija. Otro de los problemas es el alto costo de uso, debido a factores como el mayor costo de la infraestructura y los precios altos de las licencias de uso.

Wimax satisface una gran variedad de tipos de acceso y sus aplicaciones potenciales incluyen: llevar los servicios de banda ancha a los abonados, llenar los gaps de servicios del cable, DSL y T1/E1, servir como backhaul de celular y WiFi, proveer los últimos 100 metros de acceso desde la “fibra a la banqueta” (fiber to the curb) y proporcionar a los proveedores de servicios de banda ancha una opción con costos reducidos.

Wimax es excelente en soluciones donde se necesita gran ancho de banda (> de 10 MHz), Aprovecha la infraestructura existente, manteniendo bajos los costos mientras se obtiene el ancho de banda necesario para soportar un amplio rango de servicios de multimedia, ayuda a los proveedores de servicio a enfrentar la creciente demanda de servicio de los usuarios sin pérdidas de inversión en la infraestructura existente ya que puede ínter operar de manera transparente con varios tipos de redes.

Wimax puede proveer una amplia área de cobertura y calidad de servicio para un cierto rango de aplicaciones como las de tiempo real (VoIP), que son sensitivas al retardo, las aplicaciones de tiempo real como streaming video y las que no son de tiempo real como descargas de datos, asegurando con esto que los abonados tengan la funcionalidad esperada para realizar cualquier tipo de comunicación.

Wimax es una tecnología inalámbrica de banda ancha basada en IP que puede ser integrada a la 3G móvil y a las redes inalámbricas y fijas, cumpliendo de esta manera con los requisitos de conectividad de banda ancha, en cualquier parte y en cualquier momento.

Wimax es el siguiente paso en la evolución hacia la tercera generación de los teléfonos móviles, con una combinación potencial de sus estándares con los de CDMA, los cuales ya son llamados 4G. Los mercados desarrollados de Corea del Sur y Japón, tienen una tele densidad del 100% y están a la cabeza de las implementaciones de la siguiente generación de tecnologías de banda ancha. Ver figura 7.5

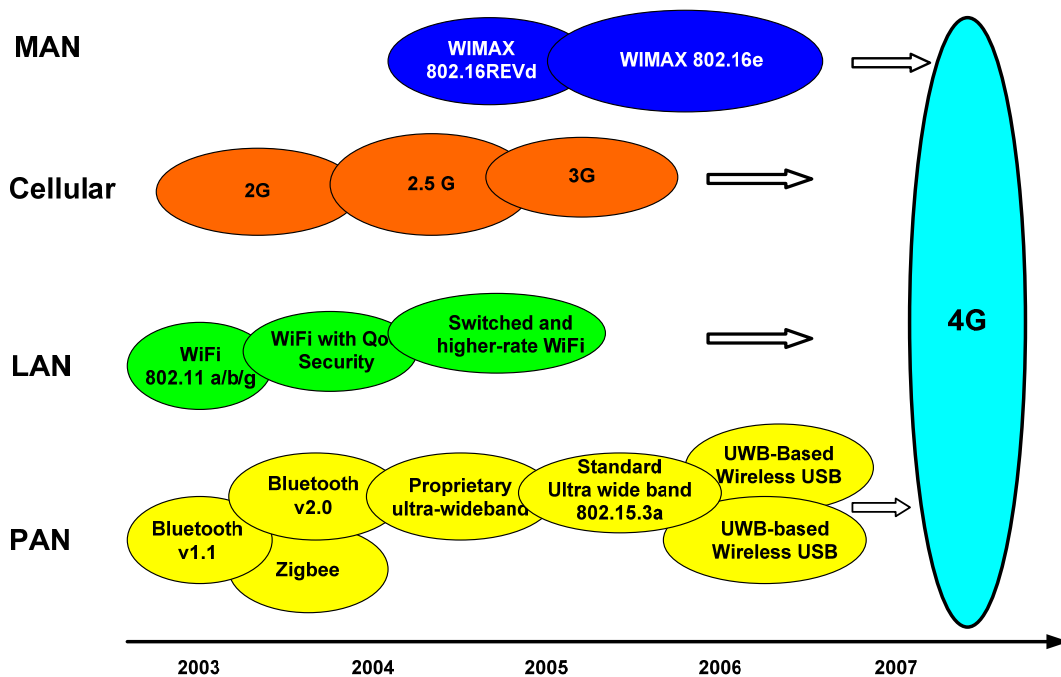


Figura 7.5, Cuarta generación (4G) Justo a la vuelta de la esquina

7.7.2. Wimax Acceso de Banda Ancha Inalámbrica

El acceso Inalámbrico de banda ancha es una tecnología que promete conexión de alta velocidad sobre el aire. Utiliza las ondas de radio para el envío y recepción de datos de los usuarios, desde el lugar donde ellos prefieran hacerlo.

BWA (Broadband Wireless Access) es un sistema punto-multipunto que se compone de estaciones base y estaciones de abonado, en lugar de usar una conexión física entre

la estación base y el abonado. La estación base utiliza una antena exterior para el envío y recepción de datos y voz hacia y desde el equipo de abonado. Esta tecnología reduce la necesidad de infraestructura de cobre y provee una solución de última milla a un excelente costo.

En implementaciones comerciales típicas, las redes de banda ancha inalámbricas proporcionan mayor ancho de banda que las tecnologías tradicionales de alambres de cobre y tienen una clara ventaja económica sobre el cobre de última milla. Los recientes avances tecnológicos en la banda ancha han sido muy rápidos, ofreciendo a los operadores mejor funcionamiento y flexibilidad en sus implementaciones, al mismo tiempo que reducen los riesgos de inversión y los gastos de operación.

Wimax es una tecnología que suministra conectividad inalámbrica de banda ancha a usuarios fijos, portátiles y nomádicos. Esta tecnología de multiplexaje ortogonal por división de frecuencia (OFDM) sin línea de vista (Non Line Of Sight, NLOS) puede potencialmente ser usada como Backhaul de redes celulares, de hotspots de 802.11 y de WLAN hacia Internet. Puede suministrar conectividad a los campus o ampliar significativamente el funcionamiento de los hotspots de WiFi por medio del incremento del throughput en la red de backhaul y haciendo más fácil y económica la implementación de los puntos de acceso de WiFi.

Wimax también está desarrollando un estándar móvil (el cual no es compatible con la solución fija) lo cual significa que Wimax podrá suministrar acceso inalámbrico de banda ancha en el medio vehicular, con una cobertura de 50 Km y conectividad de banda ancha sin necesidad de línea de vista con la estación base y a tasas de cientos de Mbps por cada estación base; además, proveerá ancho de banda suficiente para soportar simultáneamente cientos de negocios con conectividad T1/E1 y cientos de usuarios residenciales con conectividad DSL por medio de una sola estación base.

7.8. Plan de trabajo de Wimax.

La distribución de sitios del sistema Wimax MAN es esquemáticamente similar a la del sistema celular punto-multipunto, en donde las estaciones base están estratégicamente posicionadas para proporcionar servicio al equipo de usuario (CPE's, Customer Premises Equipment) ubicado dentro del área de cobertura.

La especificación original 802.16 habilitó la cobertura del acceso inalámbrico fijo, el cual requiere de una antena exterior colocada en el punto de acceso del usuario; además se tiene un desarrollo más significativo, que es la versión móvil, la cual está dada por la especificación 802.16e, Si se considera que en la versión fija el CPE solo se puede comunicar con su respectiva estación base, esta extensión del estándar, permitirá la transferencia de la comunicación en modo transparente de una estación a otra.

Una estación base de Wimax es conectada a la red pública (PSTN) por medio de fibra óptica, microondas, o cualquier otro enlace punto a punto (backhaul).

Las estaciones base sirven a los CPE's utilizando conectividad NLOS o LOS, la cual se conoce, como "última milla". Idealmente Wimax debe utilizar antenas punto-multipunto NLOS para conectar usuarios residenciales y de negocios a la estación base.

La estación de usuario típicamente proporciona servicio residencial o de negocios a través de una LAN alámbrica o inalámbrica. Estos son sistemas pequeños de antena-transceptor conectados a las LAN's; sin embargo, clientes futuros, dependiendo de la banda de frecuencia utilizada, serán integrados al servicio a través de dispositivos de usuario final (End to End) por ejemplo, PC's, y más tarde a través de dispositivos móviles como PDA's y teléfonos inteligentes (Smartphones).

7.8.1. Wimax, Capacidades clave.

Con Wimax se puede obtener:

Arquitectura con coordinación centralizada

- Alta seguridad, encriptado y servicio de autenticación.
- Poderosa Interfase de radio que trabaja en NLOS
- La capa OFDM PHY, soporta servicio interior, y es auto instalable por los usuarios

- Servicios de IP de alta velocidad
- Optimizada para entregar servicios de 110 Mbps en 3.5 MHz
- Hasta 3550 Mbps en canales con ancho de banda de 1420 MHz

- Segunda generación IP QoS
- QoS jerárquico, soporta la entrega de servicio garantizado en tiempo real, no solo el de mejor esfuerzo (BE, Best Effort).

- Interfase de radio con retardos pequeños.
- Permite aplicaciones que son sensitivas a latency y jitter como VoIP, Internet, Gaming

7.9. Construcción de Wimax

Típicamente el sistema de Wimax consiste de dos partes, una estación base y un transceptor. El backhaul que conecta al sistema con el núcleo de la red (core network) no es considerado como parte de Wimax.

7.9.1. Estación base Wimax

La estación base consiste de equipo electrónico interior y una torre-antena exterior que cubre un radio de 6 millas (teóricamente puede cubrir hasta 50 Km.) aunque en la práctica cubre 10 Km.

Cualquier nodo inalámbrico dentro de la cobertura puede acceder a la Internet.

Las estaciones base de Wimax, utilizan la capa MAC, que está definida dentro del estándar, la cual es una interfase común que hace a las redes inter operables y que distribuye el ancho de banda disponible entre el enlace hacia arriba y el enlace hacia abajo en tiempo real y de acuerdo a la demanda.

Como es usual las antenas de la estación base pueden ser omni-direccionales o direccionales. Las direccionales se utilizan para incrementar la capacidad de tráfico de la estación base, dividiendo su cobertura en sectores.

7.9.2. El transceptor del usuario Wimax

El transceptor de Wimax puede ser un dispositivo electrónico con antena separada o puede ser una tarjeta PCMCIA instalada en la PC. El acceso a la estación base Wimax es similar al punto de acceso inalámbrico de la red WiFi, aunque su cobertura es mucho mayor

En Wimax el CPE es auto instalable, y no son necesarios grandes conocimientos para hacerlo.

7.9.3. Backhaul

Es la conexión del punto de acceso hasta el suministrador de servicios y desde el suministrador de servicios al núcleo de red (core network). El Backhaul puede ser cualquier tecnología, que conecte al sistema con el backbone.

En la mayoría de las instalaciones de Wimax es posible interconectar varias estaciones base utilizando enlaces de microondas de alta velocidad; esto podría permitir el roaming de un abonado Wimax de una celda a otra, en la misma forma como se hace en telefonía celular.

7.10. Tecnología Wimax

El estándar 802.16 fue inicialmente diseñado para suministrar conectividad de última milla de banda ancha en lugares donde no se tiene servicio, como una alternativa a soluciones alámbricas tales como cable o DSL. El desarrollo de nuevas versiones de este estándar está ayudando a crear nuevos servicios de banda ancha con alta velocidad y movilidad.

Wimax proveerá conectividad fija, nomádica y portable y eventualmente conectividad de banda ancha inalámbrica móvil, sin necesidad de tener línea de vista con la estación base.

El diseño de Wimax es basado primordialmente en los siguientes principios.

- Espectro con licencia y sin licencia
- Topología que soporta diferentes redes de acceso de radio (RAN)
- Interworking, arquitectura de RAN independiente para permitir una integración transparente y el interworking con WiFi, con las redes 3GGP, 3GPP2 y con las redes centralizadas de los operadores de IP (DSL, Cable, 3G) por medio de interfases basadas en IP.
- Conectividad IP, soporta una mezcla de interconexiones entre las redes IPv4, e IPv6, por medio de clientes y servidores de aplicación.
- Posibilidad de extender el acceso fijo a móvil y la capacidad de entrega de servicios de multimedia de banda ancha.

Wimax ha definido dos perfiles (profiles) de sistema para la capa MAC: ATM e IP básicos, y también ha definido dos perfiles de sistema primarios para la capa física, PHY, El canal de 25 MHz para uso en USA en la banda de 10-66 GHz y el canal de 28 MHz para Europa también en la banda de 10-66 GHz.

El grupo técnico de trabajo de Wimax esta definiendo los perfiles del sistema MAC y PHY para los estándares IEEE 802.16a e HiperMan.

El perfil de MAC incluye una versión basada en IP para Wireless MAN (con licencia) y otra para Wireles HUMAN (sin licencia).

IEEE 802.16 fue diseñado para evolucionar como un grupo de estándares de interfases de aire para WMAN, que está basado en el protocolo común de MAC pero con especificaciones de capa física que dependen del espectro en uso y de sus regulaciones. El grupo de trabajo IEEE 802.16 diseñó una capa MAC flexible acompañada de una capa física, PHY para 10-66 GHz. Ver figura 7.6

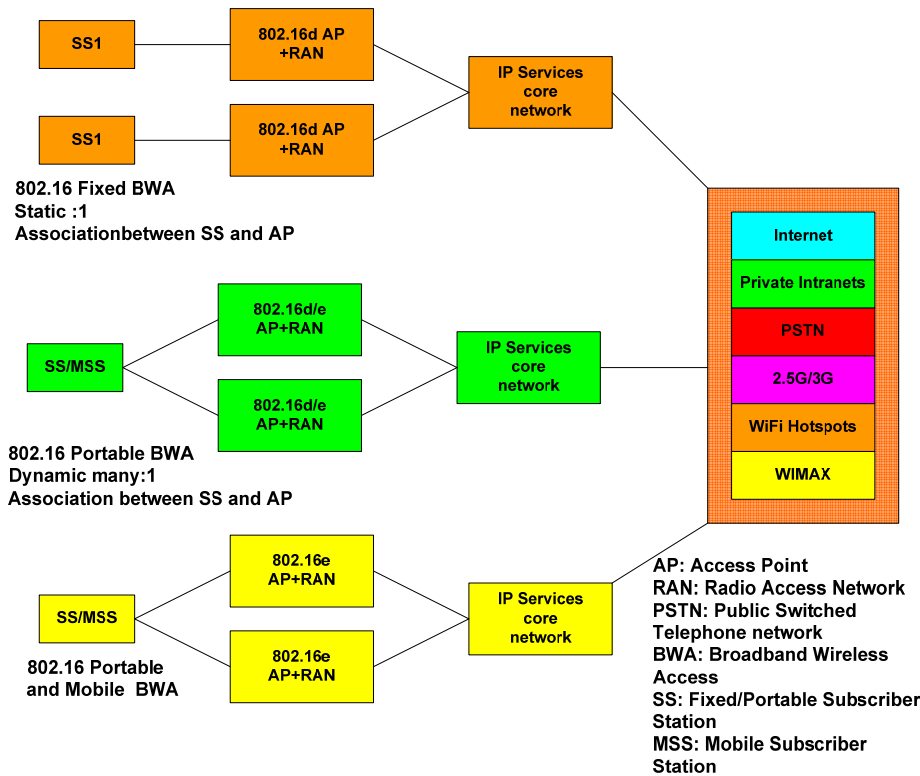


Figura 7.6, Arquitectura de Wimax

7.11. Arquitectura

La evolución de la arquitectura y el uso de Wimax consisten de una etapa inicial donde el acceso fijo está combinado con portabilidad y una etapa posterior donde la etapa inicial es evolucionada a plena movilidad.

Esta estructura está basada en los siguientes principios centrales:

- Soporta diferentes tecnologías de RAN
- Tiene interfases bien definidas para permitir que el 802.16 RAN trabaje de manera independiente, mientras se alcanza la integración y el interworking con las redes de WiFi, 3GPP3 y 3GPP2.
- Toma ventaja de las tecnologías IP del IETF para construir redes de acceso “All IP” 802.16 construyendo equipo con repisa común.(COTS, Common Of The Shelf)
- Soporta clientes y servidores con tecnología IPv4 e IPv6. Aunque se recomienda el uso de IPv6 en la infraestructura.
- Tiene un gran rango de funcionalidad que es suficiente para soportar la migración a plena movilidad y entregar servicios de multimedia de banda ancha.

La arquitectura está basada en los siguientes requerimientos:

Aplicabilidad

La arquitectura aplica a implementaciones 802.16, con licencia y sin licencia.

Administración y aprovisionamiento

La arquitectura permitirá amplia variedad de aprovisionamiento de los clientes ya sea en línea y fuera de línea, inscripción y esquemas de administración basados en estándares abiertos y ampliamente utilizados en la industria.

Conectividad IP y Servicios

La arquitectura soporta la mezcla de las tecnologías IPv4 e IPv6, interconexiones de red y una amplia variedad de esquemas para el manejo de contextos IP. También soporta mayor rango de aplicaciones UDP y TCP en tiempo real y “no tiempo real”.

Seguridad

Wimax soporta la autorización de estaciones de abonado, autenticación bilateral de usuario basada en una gran variedad de mecanismos de autenticación, tales como nombre de usuario/password, certificados X.509, módulo de identidad de abonado (SIM), módulo de identidad de abonado universal SIM (USIM), y módulo de identidad de usuario removible (RUIM).

Provee servicios tales como, integridad de datos (data integrity), protección de grabación de datos (Data replay protection), confidencialidad de datos y “non repudiation” utilizando claves con la mayor longitud permitida por la regulación

Manejo de movilidad

La arquitectura evolucionará de acceso fijo a escenarios de plena operación móvil con una infraestructura escalable, soportando baja latency, (<100 mseg.) y virtualmente sin pérdidas de paquetes durante los handovers a velocidades mayores a 120 Km/Hr.

7.12. Capa MAC

El estándar 802.16 MAC está diseñado para aplicaciones de banda ancha inalámbrica punto-multipunto por el grupo de tarea 1 (Task Group 1) junto con el grupo 10-66 PHY. El diseño original de MAC es suficientemente flexible para soportar todos los proyectos de IEEE 802.16 y se enfoca en la necesidad de tener altas velocidades tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. MAC permite tráfico continuo y de ráfaga (Burst) para soportar la gran variedad de servicios requeridos por los usuarios finales. Estos servicios son variados e incluyen TDM (voz y datos), Conectividad IP y VoIP paquetizada.

802.16 MAC proporciona la opción de “estación inteligente de abonado” para manejar la distribución del ancho de banda entre los usuarios esto basado en las características de MAC que ofrece la alternativa de conceder ancho de banda a la estación de abonado en lugar de hacerlo a una conexión individual.

7.12.1. Subcapas MAC

El estándar 802.16 MAC es adaptable, flexible y soporta varios esquemas de duplexado y multiplexado y consiste de tres sub-capas: La sub-capa de convergencia de servicio específico (Service Specific Convergence Sub-layer SCSC), La sub-capa de parte común (Common Part Sub-layer CPS) y la Sub-capa de privacidad (Privacy Sub-layer).

En el protocolo 802.16 MAC, las subcapas de convergencia son utilizadas para mapear el tráfico de las capas de transporte, dentro de la capa MAC, la cual es muy flexible para llevar ese tráfico de manera eficiente.

MAC es diseñado para aplicaciones Punto-Multipunto y está basada en acceso múltiple con “sentido de colisión/con prevención de colisiones” (CSMA/CA, Collision Sense Multiple Access/Collision Avoidance).

El 802.16 AP MAC maneja los recursos UL y DL e incluye la programación de actividades de transmisión y recepción.

7.12.2. Features MAC

MAC incorpora varios features que se acomodan a un amplio rango de aplicaciones que trabajan a diferentes velocidades de movilidad como:

- 4 clases de servicios: Servicio no solicitado (Unsolicited grant service), Servicio de exploración en tiempo real (real time polling service), Servicio de exploración no en tiempo real (non real time polling service), y Mejor esfuerzo (best effort).
- Supresión de encabezados (Header suppression), empaquetado y fragmentación (packing and fragmentación) para el uso más eficiente del espectro.
- Administración de claves privadas (Privacy Key management, PKM) para seguridad de la capa MAC
- Soporte Broadcast y multicast (Broadcast y multicast support)
- Handover de alta velocidad
- Tres niveles de administración o manejo de potencia; Operación normal, Operación durmiente (sleep) y operación libre (Idle).

Estos features combinados con los beneficios del OFDMA escalable hacen el 802.16 adecuado para datos de alta velocidad y aplicaciones IP multimedia de ráfaga o isócronas (bursty or isochronous).

7.12.3. Descripción adicional de la capa MAC

El estándar 802.16 esta basado en el estándar DOCSIS y puede soportar datos de ráfaga con alta tasa de demanda por lo que soporta simultáneamente sobre el mismo canal video streaming y tráfico de voz sensitivo a la latency. El recurso asignado a la terminal por el programador de MAC puede ser desde un time slot hasta un trama completa, por lo que puede suministrar un rango dinámico muy grande de througput a

una terminal en un tiempo dado y como además la información de asignación es comunicada en los mensajes MAP al inicio de cada trama, el programador puede efectivamente cambiar la asignación de recursos trama por trama adaptándose a la naturaleza de ráfaga del tráfico.

7.12.4. Calidad de servicio

A través de un enlace rápido de aire, de capacidad asimétrica en el enlace ascendente y descendente, de granularidad fina de recursos, y un mecanismo flexible de asignación de recursos, Wimax móvil cumple con los requerimientos para proporcionar un amplio rango de servicios de datos y aplicaciones.

En la capa MAC del Wimax móvil, la calidad de servicio es suministrada por medio de “flujos de servicio” como se ilustra en la figura 7.7. Este es un flujo unidireccional de paquetes que es suministrado con parámetros particulares de calidad de servicio.

Antes de proveer un servicio de datos, la estación base y la terminal de usuario establecen primero un enlace lógico unidireccional entre sus capas MAC llamado conexión. La parte saliente de MAC asocia los paquetes que están pasando por la interfase al flujo de servicio que será entregado a través de la conexión. Los parámetros de calidad de servicio asociados con el flujo de servicio definen el orden y la programación de la transmisión sobre el enlace de aire.

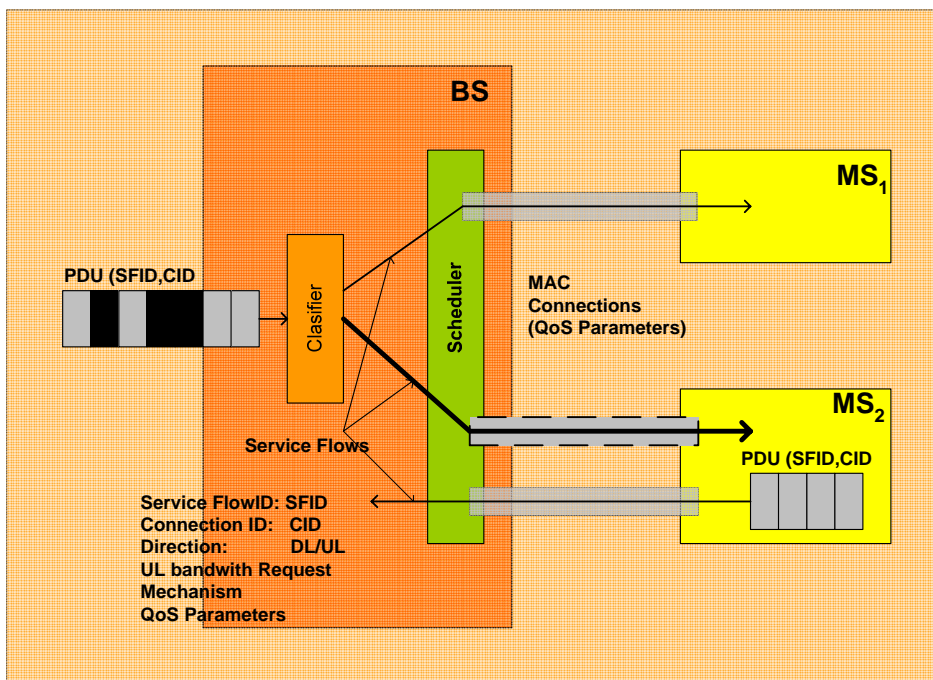


Figura 7.7, Wimax, Soporte de calidad de servicio.

La conexión orientada a calidad de servicio puede suministrar un control preciso sobre la interfase de aire.

Como en la interfase de aire es donde usualmente se presentan los cuellos de botella, la “conexión orientada a calidad de servicio” puede proveer un efectivo control “End to End” de calidad de servicio.

Los parámetros del flujo de servicio pueden ser manejados a través de los mensajes de la capa MAC para acomodar la demanda variable de servicio.

El flujo de servicio basado en QoS aplica tanto a DL como UL, con lo cual se provee calidad de servicio en ambas direcciones. Wimax móvil soporta un amplio rango de servicios de datos y aplicaciones con diferentes requerimientos de calidad de servicio. Ver Tabla 7.2.

QoS Category	Applications	QoS Specifications
UGS Unsolicited Grant Service	VoIP	Maximun Sustained Rate
		Maximun latency tolerance
		Jitter tolerance
rtPS Real Time Polling Service	Streaming Audio or Video	Minimun Reserved rate
		Maximun Sustained Rate
		Maximun Latency Tolerance
		Traffic Priority
ErtPS Extended Real Time Polling Service	Voice with Activity detection (VoIP)	Minimun Reserved rate
		Maximun Sustained Rate
		Maximun Latency Tolerance
		Jitter Tolerance
		Traffic Priority
nrtPS File Transfer Protocol (FTP)	File Transfer Protocol	Minimun Reserved rate
		Maximun Sustained Rate
		Traffic Priority
BE Best Effort Service	Data transfer, Web, Browsing, etc	Maximun Sustained Rate
		Traffic Priority

Tabla 7.2, Aplicaciones y calidad de servicio (QoS) de Wimax móvil

7.12.5. Servicio de programación en la capa MAC

El servicio de programación de MAC está diseñado para una entrega eficiente de servicios de datos de banda ancha que incluyen voz datos y video sobre un canal inalámbrico de banda ancha. Este servicio tiene las siguientes propiedades.

- Programador de datos rápido (fast data scheduler)

El programador de MAC debe asignar eficientemente los recursos disponibles considerando el tráfico de ráfaga y las condiciones variables en el tiempo del canal.

El programador existe en cada estación base, para proporcionar una respuesta rápida a los requerimientos de tráfico y a las condiciones del canal. Los paquetes de datos son asociados a los flujos de servicio con parámetros de QoS bien definidos en la capa de MAC, de tal manera que el programador pueda determinar correctamente el orden de la transmisión de paquetes sobre la interfase de aire. El canal CQICH provee una rápida realimentación de información para capacitar al programador a seleccionar la codificación y modulación adecuada para cada asignación. La combinación de la modulación adaptable y el codificado combinado con HARQ proveen una robusta transmisión sobre el canal, con estado variable en el tiempo.

- Programación para el enlace ascendente y el descendente.

El programador proporciona el servicio de programación para el tráfico ascendente descendente.

Para que el programador de MAC efectuar una asignación eficiente de recursos en el enlace ascendente y se proporcione la calidad de servicio esperada, es necesario que este enlace realimente la información de las condiciones de tráfico y los requerimientos de QoS en forma precisa y a tiempo.

Múltiples mecanismos para solicitar ancho de banda para el enlace ascendente, como la solicitud de ancho de banda a través de un canal de alcance (ranging channel), solicitud de piggyback (piggyback request) y exploración (polling) son diseñados para soportar las solicitudes de ancho de banda en el enlace ascendente (UL). El flujo de servicio del enlace ascendente define el mecanismo de realimentación para cada conexión de enlace ascendente y asegura con esto un comportamiento predecible del programador del enlace ascendente. Adicionalmente, debido a que en los canales ortogonales de enlace ascendente no existe interferencia dentro de la celda (Intracell) el programador de enlace ascendente podrá asignar los recursos en forma más eficiente y reforzar la obtención de un mejor QoS.

- Asignación dinámica de calidad de servicio (QoS)

La capa MAC soporta asignación de recursos tiempo/frecuencia por trama en ambos enlaces. La asignación de recursos es por medio de mensajes MAC al inicio de cada trama, por lo que la asignación de recursos puede ser cambiada de trama en trama como respuesta a las condiciones cambiantes del canal y del tráfico. Adicionalmente la cantidad de recursos en cada asignación puede ir de un solo slot hasta una trama completa. La asignación rápida y granular de recursos permite una calidad de servicio (QoS) superior para el tráfico de datos.

- Orientado a calidad de servicio.

El programador de MAC maneja el transporte de datos, conexión por conexión. Cada conexión es asociada con un solo servicio de datos y con un grupo de parámetros QoS que cuantifican los aspectos de su comportamiento. El programador puede suministrar una calidad superior de servicio ya que cuenta con la capacidad de asignar recursos en forma dinámica para el tráfico de ambos enlaces, particularmente en el enlace ascendente. Los recursos del enlace ascendente son asignados más eficientemente ya que su funcionamiento es más predecible y por tanto el QoS es más reforzado.

- Programador selectivo de frecuencia

El programador puede operar en diferentes tipos de sub-canales. Para sub-canales de frecuencia diversa como permutación PUSC, donde las subportadoras en los sub-canales son pseudo-aleatoriamente distribuidas a través del ancho de banda, los sub-canales son de una calidad similar.

La programación con diversidad en frecuencia puede soportar QoS con una granularidad fina y una programación flexible de recursos en el tiempo y la frecuencia.

Con permutación contigua AMC, los sub-canales pueden experimentar atenuaciones diferentes

La programación por selección de frecuencia (frequency-selective scheduling), puede asignar los usuarios móviles al sub-canal más fuerte. La programación por selección de frecuencia amplía la capacidad del sistema con un incremento moderado del encabezado del enlace ascendente CQI (overhead).

7.12.6. Manejo de Movilidad

La vida de la batería y el handoff son dos problemas críticos en las aplicaciones móviles. Wimax móvil soporta el modo libre y el modo dormido para tener una operación eficiente de la estación móvil. Wimax móvil también soporta handoff transparente para habilitar a la estación móvil a conmutar de una estación base a otra a las velocidades vehiculares normales sin interrupción de servicio.

7.12.7. Control de potencia

Los algoritmos de control de potencia son utilizados para mejorar el funcionamiento general del sistema, estos son ejecutados por la radiobase, la cual envía información de control de potencia a cada uno de los CPE's, para regular el nivel de potencia de su transmisión, y de esta manera se asegura que el nivel de potencia recibido en la radiobase este dentro de los niveles predeterminados.

En un medio ambiente cambiante debido al fading este nivel predeterminado significa que el CPE solo transmitirá potencia suficiente para cumplir con los requerimientos

(nivel de fading) del momento en cuestión ya que de otra manera, el nivel de transmisión del CPE tendría que ser predeterminado, para cumplir con el peor caso de desvanecimiento.

El control de potencia reduce el consumo total del CPE y la interferencia potencial con otras estaciones base.

Para el caso de enlaces LOS, la potencia de transmisión del CPE es mayor entre más lejos esté de la radiobase. Para NLOS el ajuste de potencia es dependiente del espacio libre y de los obstáculos u obstrucciones que se encuentren en su trayectoria.

7.12.8. Administración de potencia

El Wimax móvil soporta dos modos para optimizar el uso de la potencia. El Modo durmiente (sleep mode) y el modo libre (idle mode).

Sleep mode es el estado en el cual la estación móvil se conduce como si estuviera ausente en periodos pre-negociados con la estación base que lo está atendiendo. Estos periodos son caracterizados por la “no disponibilidad” de la estación móvil (observada desde la estación base) para efectuar tráfico de datos tanto en el enlace ascendente como en el descendente.

El modo durmiente provee flexibilidad a la estación móvil para que durante este estado ella pueda explorar otras estaciones base y coleccionar información que le ayude durante los handoffs

El modo libre suministra un mecanismo a la estación móvil para estar periódicamente disponible al tráfico de mensajes broadcast sin tener que registrarse en alguna estación base para obtener esta información. Usualmente la estación móvil se encuentra en un escenario que está lleno de enlaces de aire de las estaciones base cercanas.

El modo libre beneficia a la estación móvil evitándole el atender los requerimientos de handoff y otras operaciones normales, y beneficia a la estación base y a la red eliminando el tráfico en la red debido a handoffs y el tráfico en la interfase de aire ya que prácticamente permanece en estado inactivo, quedando activo solo un programa de alerta simple y precisa (paging) para informar a la estación móvil en caso de que haya algún tráfico pendiente en el enlace descendente.

7.12.9. Handoff

Existen tres métodos de handoff dentro del estándar 802.16e, hard handoff (HHO), fast base station switching handoff y macro diversity handover (MDHO), de estos tres el HHO es el obligatorio mientras que los otros dos son opcionales.

El forum de Wimax ha desarrollado técnicas de optimización de HHO, (estándar 802.16e) los cuales han sido desarrollados con el objetivo de mantener en la capa 2, los retardos de handoff por debajo de 50 milisegundos.

En el caso del FBSS, la estación móvil y la estación base mantienen una lista de las estaciones base que están involucradas en el proceso llamada “lista activa”. En este tipo de handoff, el móvil monitorea continuamente las estaciones base de la lista activa y selecciona de esta lista, una celda, la cual llama “celda ancla”. Cuando opera en FBSS, la estación móvil solo se comunica con estación base de la celda ancla para el manejo de la mensajería en ambos enlaces, incluyendo la administración y las conexiones de tráfico.

Los procedimientos de actualización de la celda ancla son habilitados por la información de la intensidad de señal de la estación base servidora la cual es enviada a través del canal CQI.

Un FBSS inicia con la decisión de la estación móvil de enviar o recibir datos desde la estación base ancla. La estación móvil explora las estaciones base vecinas y selecciona las más adecuadas para incluirlas en la lista activa. La estación móvil reporta las estaciones bases seleccionadas y el procedimiento de actualización de la lista es ejecutado por ambas estaciones (BS-MS).

La estación móvil monitorea continuamente la intensidad de señal de las estaciones base que están en la lista activa y selecciona la mejor de ellas para que sea la estación base ancla. La estación móvil reporta la estación seleccionada como ancla sobre el CQICH y por tanto la estación móvil envía el mensaje de solicitud de HO. Los datos son transmitidos simultáneamente a las estaciones base de la lista activa que tienen capacidad de servir a la estación móvil.

Para el caso del handover tipo MDHO, la MS y la BS mantienen una lista activa de las estaciones base (BS) que están involucradas en el MDHO, junto con la MS: de esta lista activa se escoge una celda ancla.

En modo de operación MDHO, la MS se comunica con todas las estaciones base de la lista activa a través de mensajes Unicast y de tráfico, sobre el enlace ascendente y descendente.

Un handover tipo MDHO inicia cuando la estación móvil decide transmitir o recibir mensajes Unicast y de tráfico desde múltiples estaciones base dentro del mismo intervalo de tiempo.

Durante el handover tipo MDHO, dos o más estaciones base suministran transmisión sincronizada de datos sobre el enlace descendente de la estación móvil de tal manera que la “diversidad de combinación” es ejecutada en la estación móvil. Durante el handover, MDHO, en el enlace ascendente, la transmisión de la estación móvil es recibida por múltiples estaciones base donde se ejecuta la “diversidad de selección” a la información recibida.

7.12.10. La Seguridad

Wimax propone un amplio grupo de funcionalidades (features) de seguridad para garantizar un intercambio seguro de datos los cuales pueden ser:

La autenticación de las terminales por intercambio de certificados para prevenir dispositivos ilegales.

La Autenticación de usuario utilizando EAP (Extensible Authentication Protocol)

La codificación de los datos utilizando DES, Data Encryption Standard), o AES, Advanced data Encryption Standard.

Adicionalmente cada servicio es encriptado utilizando su propia asociación de seguridad y llaves privadas.

Wimax móvil soporta los mejores features de seguridad utilizando las mejores tecnologías existentes. Además de esto, existe el soporte para: La autenticación mutua del dispositivo/usuario, un protocolo flexible de manejo de claves, Un poderoso encriptado del tráfico, protección de mensajes de control y manejo y un protocolo de seguridad para handover rápidos.

7.13. Capa Física (PHY)

El estándar PHY 10-66 GHz presupone propagación con línea de vista (LOS), y no considera la propagación multi-trayectoria. PHY contiene varias formas de modulación y multiplexado para soportar los diferentes rangos de frecuencia y aplicaciones.

El estándar IEEE 802.16 fue originalmente desarrollado para soportar interfases para varios medios físicos y se espera que esto se extienda a otras especificaciones PHY. De aquí que la naturaleza modular del estándar es de mucha ayuda en este aspecto.

La primera versión solamente soportaba modulación de una sola portadora y más tarde se ha agregado multiplexado por división de frecuencia ortogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM).

7.13.1. Descripción básica de OFDMA

OFDM es una técnica de multiplexado que subdivide el ancho de banda dentro de múltiples sub-portadoras como se muestra en la figura 7.8.

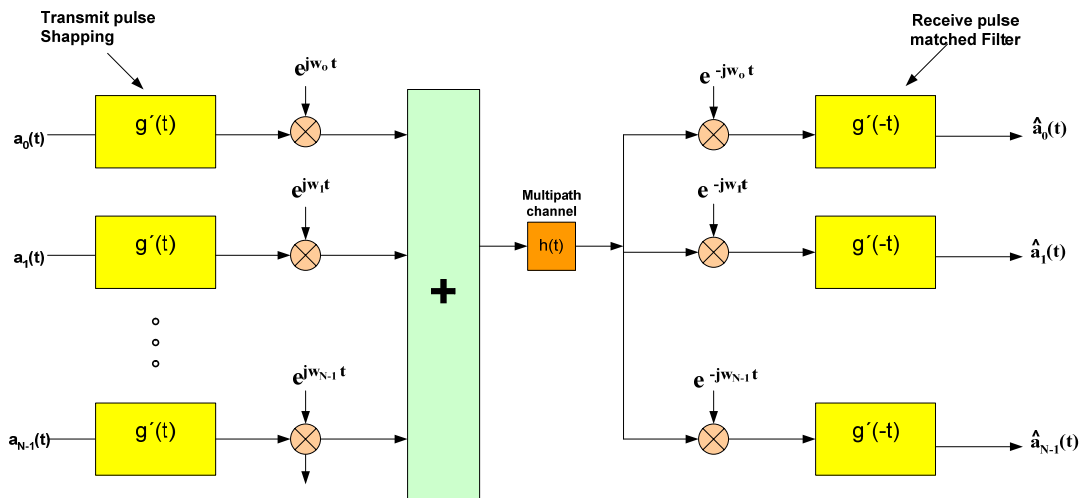


Figura 7.8, Arquitectura básica de un sistema OFDM

En un sistema OFDM el flujo de datos de entrada es dividido en varios sub-flujos paralelos de velocidad reducida de datos (duración incrementada del símbolo) cada uno de los sub-flujos es transmitido en sub-portadoras ortogonales. El incremento en la duración del símbolo hace más resistente el OFDM a los retrasos de la propagación (delay spread). Adicionalmente la introducción del prefijo cíclico (CP) puede eliminar completamente la interferencia inter-símbolo (ISI) en caso de que la duración del CP sea más grande que el retardo de propagación del canal. El CP es una repetición típica de las últimas muestras de la porción de datos del bloque insertado al inicio del payload de datos, como se muestra en la figura 7.9.

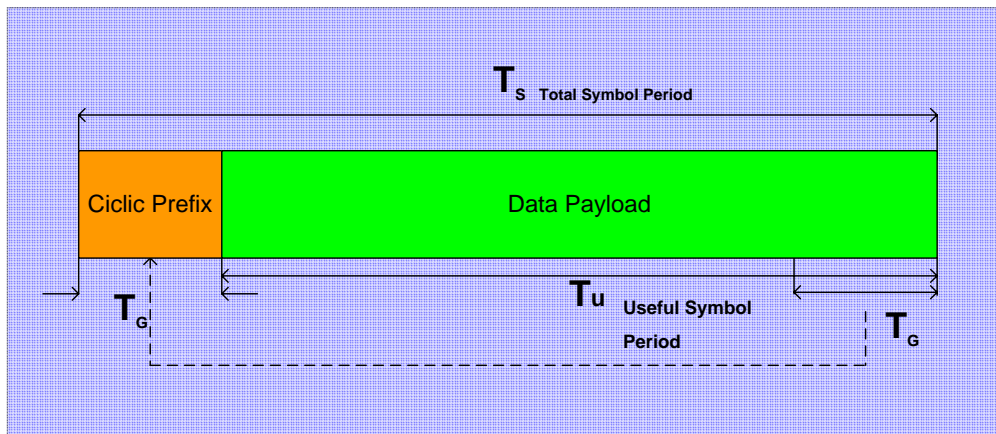


Figura 7.9, Inserción del prefijo cíclico (CP)

El CP previene interferencia entre bloques y permite ecualizaciones menos complejas en el dominio de la frecuencia. Una desventaja del CP es que introduce encabezado adicional (overhead) el cual reduce de alguna manera la eficiencia del ancho de banda. OFDM tiene un espectro bien definido por lo que una gran parte del ancho de

banda asignado al canal puede ser utilizado para transmisión de datos, lo cual ayuda a moderar la pérdida de eficiencia debida al uso del prefijo CP.

OFDM explota la diversidad en frecuencia en el canal de multitrayectoria por medio del codificado y del intercalado de la información a través de las sub-portadoras, antes de efectuar la transmisión. La modulación de OFDM puede ser realizada con la transformada de Fourier Inversa Rápida, (IFFT), la cual tiene capacidad para un gran número de sub-portadoras (hasta 2048) con mínima complejidad. En un sistema OFDM los recursos están disponibles en el dominio del tiempo por medio de símbolos OFDM y en el dominio de la frecuencia por medio de sub-portadoras. Los recursos de tiempo y frecuencia pueden ser organizados en sub-canales para su asignación a usuarios individuales. OFDMA es un esquema de multiplexaje de acceso múltiple que suministra multiplexaje de flujos de datos de múltiples usuarios en los sub-canales del enlace descendente (Down link) y el acceso múltiple por medio de sub-canales para el enlace ascendente.

7.13.2. OFDMA Escalable

El IEEE 802.16e-2005 Wireless MAN OFDMA, está basado en el concepto de OFDMA escalable (S-OFDMA) y soporta un amplio rango de anchos de banda para cumplir de manera flexible los diferentes requerimientos de asignación de espectro y modelos de uso.

La escalabilidad es soportada ajustando el tamaño del FFT mientras se ajusta el espaciamiento de la frecuencia de la sub-portadora a 10.94 kHz.

Cuando se escala el ancho de banda, el impacto en las capas superiores es mínimo, ya que el ancho de banda de la sub-portadora y la duración del símbolo son fijos, los parámetros del OFDMA (S-OFDMA) son mostrados en la tabla 7.3

Parameters	Values			
System Channel Bandwidth (MHz)	1.25	5	10	20
Sampling Frequency (F_p in MHz)	1.4	5.6	11.2	22.4
FFT Size (N_{FFT})	128	512	1024	2048
Number Sub-channels	2	8	16	32
Sub-carrier frequency Spacing	10.94 Mhz			
Useful Symbol Time ($T_b = 1/f$)	91.4 microsec.			
Guard Time ($T_g = T_b/8$)	11.4 microsec.			
OFDMA Symbol Duration ($T_s = T_b + T_g$)	102.9 microsec.			
Number of OFDMA Symbols (5 ms Frame)	48			

Tabla 7.3, Escalabilidad de los parámetros de OFDMA

7.13.3. Estructura de trama de división en tiempo duplexada (Time Division Duplex, TDD)

El 802.16e PHY soporta la operación duplexada por división en tiempo (Time Division Duplex, TDD) y doble división en frecuencia, half duplex y full duplex (Frequency División Duplex, FDD).

La versión inicial certificada de Wimax móvil solo incluye TDD. El modo FDD será considerado más adelante para atender oportunidades de mercado donde el modo TDD puede estar prohibido por los requerimientos regulatorios del espectro local o para alcanzar implementaciones más adecuadas.

Para tomar en cuenta los problemas de interferencia TDD requiere de sistemas muy sincronizados, pero a pesar de esto, TDD es el modo preferido de duplexaje principalmente por las siguientes razones:

- TDD habilita el ajuste de la relación, enlace ascendente/enlace descendente para soportar de manera eficiente el tráfico asimétrico de ambos enlaces, mientras que en FDD la relación enlace ascendente y descendente siempre está fija, de tal manera que sus anchos de banda son fijos. Generalmente se tienen anchos de banda iguales para los enlaces ascendente y descendente.
- TDD asegura reciprocidad de canal para soportar mejor la adaptación del enlace, el MIMO y otras tecnologías avanzadas de antena (de lazo cerrado). Mientras que FDD requiere un par de canales, TDD solo requiere un canal para ambas direcciones, enlace ascendente y enlace descendente permitiendo una asignación de frecuencias más adaptable y flexible.

La figura 7.10 ilustra la estructura de la trama de OFDM para el modo TDD (Time Division Duplex), donde cada trama está dividida en sub-tramas DL y UL separadas por gaps de transición de Transmisión/Recepción y Recepción/Transmisión, (TTG y RTG) con el propósito de prevenir colisiones entre la transmisión de DL y UL. La siguiente información de control es utilizada para asegurar una operación óptima del sistema.

Preamble

Es utilizado para la sincronización, es el primer símbolo OFDMA de la trama.

Encabezado de control de trama (Frame Control Header).

El FCH viene después del preamble, provee la información de la configuración, la longitud del mensaje MAP, el esquema de codificado, y los sub-canales que pueden utilizarse.

DL-MAP y UL-MAP

Suministran la asignación del sub-canal y otra información de control para la sub-trama DL y UL.

UL Ranging

El sub-canal UL ranging es asignado a las estaciones móviles (MS) para asignar el tiempo de lazo cerrado (closed-loop time), la frecuencia, los ajustes de potencia y las solicitudes de ancho de banda.

UL CQICH

Este canal es asignado a la estación móvil, para realimentar la información del estado del canal.

UL ACK

Está asignado a la estación móvil, para realimentar la información del reconocimiento del HARQ

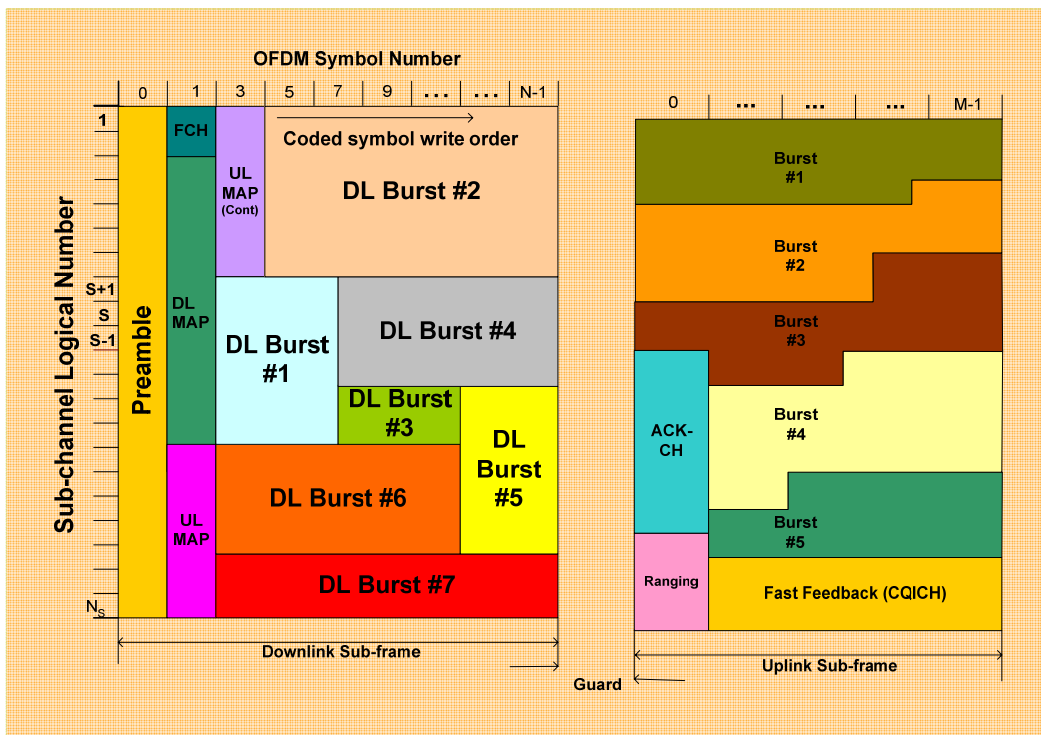


Figura 7.10, Estructura de Trama de Wimax OFDMA,

7.13.4. Otros features avanzados de capa física:

Modulación adaptable y cifrado o codificado (Adaptive Modulation and Coding, AMC)

La solicitud de repetición automática híbrida (Hybrid Automatic Repeat Request) y la realimentación rápida de canal, (CQICH) fueron introducidas en el Wimax móvil para ampliar la cobertura y la capacidad de las aplicaciones móviles de Wimax.

En Wimax Móvil, el enlace descendente (DL) debe obligatoriamente soportar QPSK, 16 QAM y 64 QAM.

En el enlace ascendente, (UL) el soporte a 64 QAM es opcional. Se soporta además cifrado convolucional (Convolucional Code, CC) y cifrado convolucional turbo (Convolucional Turbo Code CTC) con cifrado variable, y repetición de cifrado. Features opcionales como, Bloques con cifrado turbo, y cifrado de baja densidad con verificación de paridad (Low Density Parity Check Code, LDPC).

La tabla 7.4 muestra el resumen de los esquemas de modulación y cifrado soportado por Wimax móvil. Los codificados y modulaciones opcionales en el enlace ascendente (UL) son mostrados en letras itálicas.

		DL	UL
Modulation		QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, <i>64 QAM</i>
Code Rate	CC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6	1/2, 2/3, <i>5/6</i>
	CTC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6	1/2, 2/3, <i>5/6</i>
	Repetition	x2, x4, x6	x2, x4, x6

Tabla 7.4, Esquemas de Modulación y Cifrado

La combinación varios tipos de modulaciones y cifrados (code rates), suministra una resolución fina de velocidades de datos, como se muestra en la tabla 7.5, la cual contiene las velocidades de datos para los canales de 5 y 10 MHz, con sub-canales PUSC. La duración de la trama es de 5 milisegundos. Cada trama tiene 48 símbolos OFDM con 44 símbolos disponibles para la transmisión de datos. Los valores remarcados indican las velocidades de datos para el 64QAM que es opcional en el enlace ascendente.

Parameters	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink
System Bandwith	5 MHz		10 MHz	
FFT Size	512		1024	
Null Sub-Carriers	92	104	184	184
Pilot Sub-Carriers	60	136	120	280
Data Sub-Carriers	360	272	720	560
Sub-Channels	15	17	30	35
Symbol Period, T_s	102.9 microseconds			
Frame duration	5 milliseconds			
OFDM Symbols/Frame	48			
Data OFDM Symbols	44			

Mod.	Code rate	5 MHz Channel		10 MHz Channel	
		Down Link Rate, Mbps	Up Link Rate, Mbps	Down Link Rate, Mbps	Up Link Rate, Mbps
QPSK	1/2 CTC, 6X	0.53	0.38	1.06	0.78
	1/2 CTC, 4X	0.79	0.57	1.58	1.18
	1/2 CTC, 2X	1.58	1.14	3.17	2.35
	1/2 CTC, 1X	3.17	2.28	6.34	4.7
	3/4 CTC	4.75	3.43	9.5	7.06
16 QAM	1/2 CTC	6.34	4.57	12.67	9.41
	3/4 CTC	9.5	6.85	19.01	14.11
64 QAM	1/2 CTC	9.5	6.85	19.01	14.11
	2/3 CTC	12.67	9.14	25.34	18.82
	3/4 CTC	14.26	10.28	28.51	21.17
	5/6 CTC	15.84	11.42	31.68	23.52

Tabla 7.5, Velocidades de datos en la capa física (PHY), con sub-canales PUSC, en Wimax Móvil

El programador de la estación base determina la velocidad de datos apropiada (perfil de ráfaga) para cada ráfaga asignada, basado en el tamaño del buffer, en las condiciones de propagación en el receptor del canal, etc. Un indicador de calidad de canal (CQI) es utilizado para enviar información del estado del canal desde la terminal del usuario hasta el programador de la estación base.

Información relevante del estado del canal que puede ser realimentada por el CQICH incluye: INR físico, CINR efectivo, Selección de modo MIMO y selección de frecuencia del sub-canal.

En implementaciones con TDD, el enlace adaptado puede tomar ventaja de la “reciprocidad de canal” para suministrar una medida más precisa de la condición del canal.

La solicitud de auto repetición híbrida, (Hybrid Auto Repeat Request, HARQ) es soportada por Wimax móvil y es habilitada utilizando el canal N, con el protocolo “para y espera” (stop and wait) el cual provee una respuesta rápida a errores en los paquetes y mejora la cobertura en los límites de la celda.

La redundancia incremental es utilizada para mejorar la confiabilidad de la transmisión.

Un canal dedicado ACK es suministrado en el enlace ascendente para la señalización HARQ ACK/NACK.

La operación multicanal HARQ es soportada.

Wimax provee señalización para permitir operación asíncrona la cual permite retardos variables entre las retransmisiones lo cual a su vez proporciona más

flexibilidad al programador con el costo de encabezados adicionales (additional overheads) para cada asignación de retransmisión.

HARQ combinado con CQICH y AMC proveen una adaptación de enlace muy robusta, para ambientes vehiculares con velocidades mayores a 120 km/hr.

7.14. Estándares de Wimax.

La Interfase de aire (estándar IEEE 802.16) para Sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, también conocida como “IEEE Wíreless MAN air interfase”, es un grupo de estándares (para MAN) para servicio inalámbrico de banda ancha en sus modalidades fija, portable y móvil.

Estos estándares son emitidos por el grupo de trabajo del IEEE 802.16 que originalmente se encargaba de las tecnologías WLL (wireless Local Group) en la banda de 10-66 GHz. y que más tarde fue extendido para contener tanto el espectro licenciado como el no licenciado de 2-11 GHz.

Aunque el término Wimax, tiene solo unos años, 802.16 existe desde finales de 1990, primero con la adopción del estándar 802.16 y después con el 802.16a (2-11 GHz)

El IEEE 802.16 para BWA (Broadband Wireless Access) proporciona interoperabilidad entre equipos de distintos vendedores, ya que los primeros productos de BWA en la industria, eran propietarios, y por consiguiente sus precios eran muy altos

El nombre Wimax no representa una tecnología homogénea: de hecho es un nombre de negocios o producto de la mercadotecnia, que puede ser aplicado a un grupo de estándares inalámbricos del IEEE.

Al respecto, Wimax y WiFi tienen cierta analogía, El nombre WiFi no representa un estándar: en realidad es un nombre de negocios que puede ser aplicado a las series 802.11, y que incluyen también las, 802.11b, 802.11a y la 802.11g.

Wimax cubre o abarca los estándares 802.16-2004, y 802.16e. El 802.16-2004 utiliza OFDM para proporcionar servicio a múltiples usuarios en el modo de división de tiempo, con una técnica de “round-robin” pero hecho extremadamente rápido, de tal manera que los usuarios tienen la percepción que siempre están transmitiendo y recibiendo.

El 802.16e utiliza OFDMA y puede servir simultáneamente a múltiples usuarios. Ver tabla 7.6.

Standard	Classificación	Remarks	Status
802.16	Air interface	Wireless MAN™ standard (air interface for fixed broadband wireless access systems) for wireless metropolitan area networks	Published April 2002
802.16a	Air Interface	Amendment to 802.16;purpose is to expand to scope to licensed and licensed exemp bands from 2 to 11 GHz.	Published April 2003
802.16c	Air Interface	Amendment to 802.16;purpose is to develop 10-66 GHz systems profiles to aid interoperability specifications	Published January 2003
802.16REVD	Air Interface	Converted from 802.16d now published as the ost recent update to the standard	Approved as 802.16-2004 in June 2004
802.16.2	Coexistence	Recommended practice on coexistence broadband wireless access systems for 10-66 GHz	Published september 2001, now replaced by 802.16.2-2004 in March 2004
802.16.2a	Coexistence	Amendment to 802.16.2;purpose is to expand scope to include licensed bands from 2-11 GHz and to enhance the recommendations regarding point-to-point systems 10-66 GHz systems profiles to aid interoperability specifications	Subsequently converted and published as 802.16.2-2004, march 2004
802.16/Conf. 01 conformance		conformance 01 PICS for 10-66 GHz	Published August 2003
802.16/Conf. 02 Conformance		Test suite structure and test purposes for 10-66 GHz	Feb-04
802.16/Conf. 03 Conformance		10-66 GHz	Approved may 2004
802.16/Conf. 04 Conformance , PICS for < 11 GHz			Pending

Tabla 7.6, Estándares IEEE 802.16

7.14.1. IEEE 802.16 2004

Es una tecnología de acceso inalámbrico fijo planeada principalmente para servir como, Reemplazo de la tecnología inalámbrica DSL (cable), Para competir con los suministradores de cable de banda ancha (DSL), Para proveer voz y acceso de banda ancha en lugares sin servicio o que no están cubiertas por otra tecnología de acceso

(Por ejemplo: en países en desarrollo, en las áreas rurales donde la implementación de cobre o cable no tiene ningún sentido económico).

También sirve como medio de transmisión (backhaul) entre los puntos de acceso de WiFi y de las redes celulares y como una alternativa de E1's o T1's (espectro con licencia).

Finalmente en ciertas configuraciones, Wimax fijo, puede ser utilizado para proveer mayores velocidades de datos y por tanto puede ser utilizado como reemplazo de los circuitos T1/E1, siendo esta una opción de mucho valor para los usuarios corporativos.

Típicamente el equipo de usuario (CPE, Customer Premises Equipment) consiste de un modem y una antena exterior, lo cual significa que es necesario un técnico para conectar el usuario residencial/comercial a la red. En ciertos casos donde el usuario esta muy cerca de la estación base, se utiliza una unidad interior auto instalable.

La tecnología inalámbrica fija introduce un cierto grado de capacidad nomadica debido a que el usuario puede viajar con el CPE y utilizarlo en otras localidades (oficina, Hotel, etc.)

La versión fija del estándar Wimax fue aprobada en Junio del 2004, y las pruebas de interoperabilidad se realizarán desde finales del 2005. En cuanto a las estaciones base y los chipsets de los CPE's, los mayores proveedores y los clientes potenciales los están modelando desde Septiembre del 2004. (Intel, Fujitsu)

7.14.2. IEEE 802.16e

El estándar IEEE 802.16e todavía no ha sido publicado. Está dirigido a ofrecer una funcionalidad clave (key feature) que el 802.16-2004 no tiene, y que es la portabilidad y eventualmente la plena movilidad.

Este estándar es una solución con HW/SW nuevo, ya que no es compatible con el 802.16-2004, lo que no necesariamente es bueno para los operadores que están planeando implementar 802.16-2004 y hacer la actualización a 802.16e

Otra gran diferencia entre el 802.16-2004 y el 802.16e es que parte del 2004 esta basado sobre un número de soluciones inalámbricas fijas propietarias ya probadas lo cual asegura que la tecnología tenga una buena posibilidad de alcanzar sus objetivos de funcionamiento.

La aprobación del 802.16e fue programada para mediados del 2005: sin embargo debido a algunos retrasos, fue aprobada hasta el último trimestre del 2005.

Algunos proveedores han prometido efectuar pruebas de campo a principios del 2006, aunque como se ha dicho al inicio, existe mucho trabajo por hacer y es difícil saber cuando esta tecnología estará lista para efectuar implementaciones comerciales. Tabla 7.7 y figura 7.11

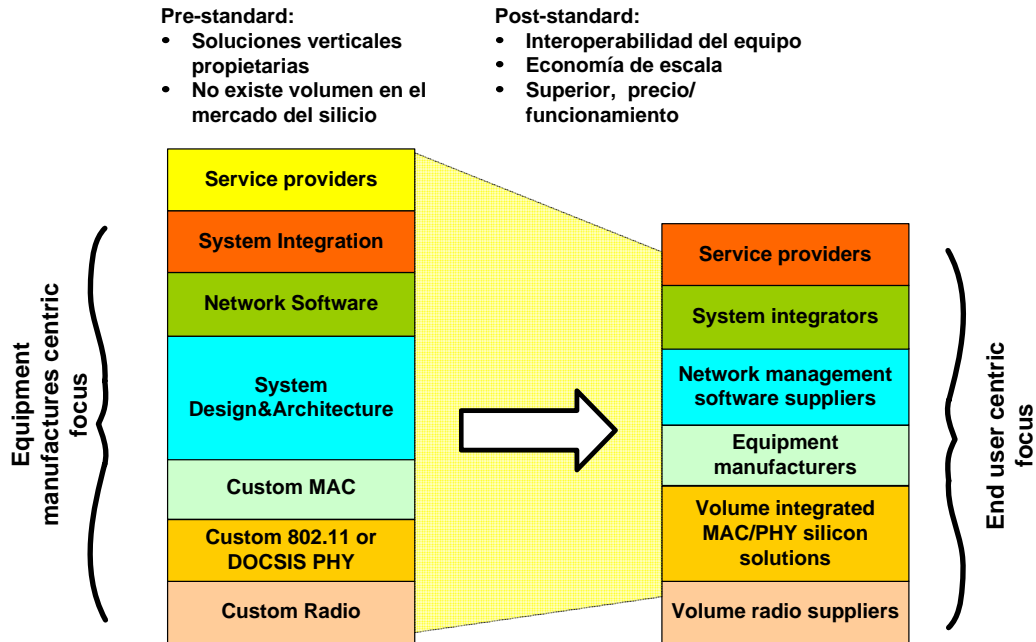


Figura 7.11, Beneficios del estándar

	802.16	802.16a	802.16e
Completed	2001	2003	2005
Spectrum	10-66 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz
Channel conditions	Line-of-Sight Only	Non-Line-of-Sight Only	Non-Line-of-Sight Only
Bit rate	32-134 Mbps a 28 MHz channelization	Up to 75 Mbps a 20 MHz channelization	Up to 15 Mbps a 5 MHz channelization
Modulation	QPSK, 16QAM and 64 QAM	OFDM 256 Sub-carriers, QPSK, 16QAM, 64 QAM	Same as 802.16a
Mobility	Fixed	Fixed	Pedestrian Mobility-regional roaming
Typical cell radius	1-3 miles	4-6 miles; maximum range 30 miles based on tower height, antenna gain and transmit power	1-3 miles

Tabla 7.7 Programación del IEEE 802.16, funcionalidades básicas.

7.15. Forum de Wimax

El Forum de Wimax es una asociación formada para promover y certificar la compatibilidad y inter-operabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha, Está integrado por suministradores de componentes y equipo de la norma IEEE 802.16 BWA. Lo cual permitirá conseguir implementaciones a nivel de chip de muy bajo costo.

Las soluciones propietarias por lo general no tienen capacidades de video, entregan insuficiente ancho de banda y son complejas y caras debido a la falta de integración de sus cadenas de suministro. En cuanto el movimiento hacia Ethernet se consolide, las redes de acceso inalámbricas de banda ancha eliminarán la necesidad de conversiones múltiples entre los elementos de red IP/ATM en las redes WAN y LAN.

El Forum de Wimax está trabajando para establecer un protocolo base que permita la interoperabilidad de equipos y dispositivos de diferentes vendedores, también para tener varias opciones en equipos y dispositivos producidos por diferentes vendedores. Los fabricantes de equipo se están concentrando en desarrollar soluciones de acceso y transporte que a largo plazo se convertirán en soluciones basadas en el estándar de servicio total, sobre una misma plataforma para la entrega de voz, datos y vídeo.

7.15.1. Perfiles de Wimax (Wimax profiles)

El estándar 802.16 fue aprobado en 2001: el incluía comunicación inalámbrica en la banda de 10-66 GHz y aplicaciones LOS y P-T-P.

En Enero del 2003, el IEEE aprobó una modificación, la 802.16a, con lo que expandió el alcance de Wimax, incluyendo la banda de frecuencias de 2-11GHz y las aplicaciones, punto-multipunto (Point To Multipoint) y sin línea de vista (NLOS).

El forum de Wimax esta concentrado en **802.16a** y más específicamente en una de las cuatro PHYs que el estándar permite. Debido a que el estándar 802.16 es muy flexible, la única manera de alcanzar interoperabilidad es reduciendo sus opciones.

Como el 802.16-2004 soporta totalmente el sub-rango de frecuencia de 11 GHz, siempre hay un número de features o soluciones que necesitan ser incluidas dentro del escenario de Wimax. Para esto el Forum ha creado perfiles (profiles) de sistema que especifican combinaciones de parámetros tales como frecuencia de operación, esquema de modulación y canalización.

Actualmente el Forum ha identificado cinco perfiles (profiles) para el 802.16-2004 que permite a la tecnología adecuar las diferentes bandas de frecuencia, los anchos de banda de canal y los esquemas de duplexado (TDD/FDD).

El Forum de Wimax ha liberado los perfiles basados en las bandas de frecuencia de 5, 3.5, y 2.5 GHz. Las cuales serán discutidas brevemente.

7.15.2. Banda sin licencia de 5 GHz

Este rango de frecuencia incluye las bandas entre 5.25 y 5.85 GHz. En la parte alta de 5 GHz (5.725-5.850 GHz) muchos países permiten potencia de salida alta (4W) por lo que esta banda es muy atractiva para aplicaciones de Wimax. Como la mayor parte de este espectro es no licenciado en USA, está disponible para su uso sin requerir permiso de la FCC.

7.15.3. Banda con licencia de 3.5 Ghz

La banda de 3.4-3.6 GHz ha sido asignada para BWA (Broadband Wireless Access) en la mayoría de los países con la excepción de USA (asignado para uso del gobierno federal). En Europa este espectro está disponible para Wimax. En México el espectro licenciado está en 3.5 GHz.

7.15.4. Banda con licencia 2.5 GHz

Las bandas entre 2.5 y 2.69 GHz ya han sido ya asignadas en México, USA, Brasil y Asia. En USA la mayoría de este espectro ha sido licenciado para MDS (Multipoint Distribution Service) y el ITFS (Instructional Television Fixed Service).

La tabla 7.8, muestra la distribución mundial de las bandas con licencia y sin licencia y la tabla 7.9, muestra las bandas y frecuencias disponibles para Wimax.

Country/Geographic Area	Bands Used (Licensed and Licensed-Exempt)
North America, México	2.5, 3.5 and 5.8 GHz
Central and South América	2.5,3.5,and 5.8 GHz
Western and Eastern Europe	3.5,and 5.8 GHz
Middle east and Africa	3.5,and 5.8 GHz
Asian Pacific	3.5,and 5.8 GHz

Tabla 7.8, Distribución mundial de las bandas de frecuencia con licencia y sin licencia

Banda	Frequencies	License required	Availability
2.5 GHz	2.5-2.69 GHz	Wireless MAN™ standard (air interface for fixed broadband wireless access systems) for wireless metropolitan area networks	allocated in México, Brazil, some southeast asian countries and the US. (the Wimax Forum also includes 2.3 GHz in this band category because it expects to cover (2.3 GHz)with the 2.5 GHz radio
3.5 GHz	3.3-3.8 GHz but primarily 3.4-3.6 GHz	Yes in some countries	In most countries, the 3.4-3.6 GHz band is allocated for broadband wireless
5 GHz	5.25-5.85 GHz	No	In the 5.725-5.85 GHz portion many countries allow higher power output (4W) which can improve the coverage

Tabla 7.9 Bandas de frecuencia disponibles para Wimax

Adicionalmente el Forum ha empezado a posicionar Wimax como “Banda Ancha Personal” para tratar de diferenciarla en el mercado del futuro, lo cual implica “movilidad” y que está planeado para 2007-2008. Movilidad es la dirección hacia la cual muchos de los miembros del Forum quieren orientarse.

Intel, espera tener chips de Wimax móvil para inicios del 2006 y tenerlos funcionando en lap-tops para 2007. Wimax tendrá teléfonos similares a los celulares pero para datos.

7.16. Regulación de Wimax

El éxito económico de Wimax puede ser impactado por la disponibilidad en algunas regiones del espectro licenciado: aunque este impacto es menor en comparación con otras tecnologías inalámbricas ya que se tienen mayores opciones de espectro. No importando su amplio rango de opciones de espectro, el Forum de Wimax esta concentrado en el rango de frecuencias de 2-11 GHz.

7.16.1. Beneficios de la banda de 2-11 GHz

En este rango de frecuencias la señal de radio puede penetrar de alguna manera en los edificios y puede reflejarse en los obstáculos que encuentra en su trayectoria, por lo que la estación base y las antenas de los usuarios no necesitarán línea de vista para comunicarse entre ellos lo cual es muy práctico en áreas urbanas: sin embargo existen otras características importantes, que son producto de las regulaciones del espectro,

por ejemplo, la frecuencia de 3.5 GHz que requiere de licencia, puede alcanzar una cobertura de 50 Km. aunque sus valores típicos son de 6-10 Km.

En el caso de 2.4 o 5 GHz no se requiere licencia de uso, pero solo se puede transmitir a muy baja potencia, por lo que su alcance es muy limitado.

7.16.2. Beneficios de los sistemas Wimax con licencia

Una de las principales ventajas que tiene Wimax con licencia sobre Wimax sin licencia es que puede utilizar mayor presupuesto de potencia (Link budget) en el enlace descendente (Estación base-Estación móvil) y por tanto soportar mejor las antenas interiores (Indoor). Otra ventaja importante es que el utilizar frecuencias menores (2.5-3.5 GHz) que las usadas en las bandas “no licenciadas” permite tener mejor NLOS y mejor penetración de RF. Los costos más altos y los derechos exclusivos de uso de espectro proporcionan una solución mas estable y predecible para las grandes implementaciones metropolitanas y aplicaciones móviles: así mismo el tener la propiedad de la banda de frecuencias permite mejorar la calidad del servicio y reducir la interferencia.

7.16.3. Beneficios de Wimax sin Licencia

La banda mas común no licenciada se encuentra en la vecindad de 2.4 GHz. Esta banda es a menudo llamada la banda industrial, médica y científica, porque esta inicialmente fue asignada para ser utilizada de manera general para la operación de diferentes tipos de equipos de radio. Esta banda es la que utiliza actualmente el estándar WLAN. IEEE 802.11b/g y ha sido llamada por la industria como WiFi.

La mayoría de los países han tomado el espectro de 5 GHz para comunicaciones sin licencia. Las bandas de 5.15 y 5.85 han sido asignadas en la mayor parte del mundo como “no licenciadas”. Aproximadamente 300 MHz están disponibles en la mayoría de los mercados del mundo.

Las soluciones de banda no licenciada, proveen varias ventajas clave sobre las soluciones con licencia, como son: más bajo costo inicial, más rápida implementación, banda común (a ser utilizada en todo el mundo), evita largas esperas para obtener permisos o concursos por ancho de banda.

Estos beneficios están impulsando el interés y tienen el potencial de acelerar la adopción de la banda ancha.

7.17. Lanzamiento de WIMAX (Wimax Rollout)

El forum de Wimax prevé el lanzamiento de Wimax en tres fases:

Fase I (2005)

Posición Fija, servicios de líneas privadas, backhaul de hotspots, se utiliza 802.16

Esta fase ya se ha iniciado con el suministro de servicios de “línea dedicada” a empresas y carriers así como para la instalación de hotspots en conexiones a Internet de alta capacidad.

Fase II

Acceso inalámbrico de banda ancha/DSL Inalámbrico

Es la primera aplicación masiva de la tecnología Wimax. Esta fase incluye la entrega de equipo de usuario a muy bajo costo, auto instalable por el usuario y en el que la antena no tiene que estar orientada hacia la estación base. El Forum espera que junto con el lanzamiento del equipo, el número de proveedores de servicios inalámbricos de Internet (WISP, Wireless Internet Service providers) utilizando tecnología compatible Wimax crezca exponencialmente.

Fase III

Usuarios nomádicos/ móviles

Esta fase se concentra en el desarrollo del mercado de banda ancha móvil. Las Laptops y otros dispositivos móviles vendrán equipados con chips y antenas Wimax, permitiendo a los usuarios el envío y la recepción de archivos de gran tamaño como, esquemas, videos y presentaciones de multimedia en tiempo real (sobre la conexión inalámbrica de banda ancha).

7.18. Arquitectura end-end de Wimax

El IEEE solamente definió las capas física (PHY) y la MAC (Media Access Control) en el estándar 802.16. Esta definición ha funcionado bien para tecnologías como Ethernet y WiFi las cuales se basan en otros estándares para soportar los protocolos de las capas más altas (IETF) por ejemplo, TCP/IP, SIP, VoIP, y IPSec.

En el mundo móvil inalámbrico los grupos de normas como 3GPP y el 3GPP2 establecen estándares sobre un amplio rango de interfaces y protocolos debido a que además de la interoperabilidad en el enlace de aire, se requiere; interoperabilidad inter-proveedor, interoperabilidad entre redes para el roaming, redes de acceso multi-suministrador y facturación entre compañías.

Proveedores y operadores conocen este problema y han formado grupos de trabajo para desarrollar un modelo de referencia con el propósito de desarrollar una red estándar con interfaces abiertas.

El Wimax Forum Network Working Group esta concentrado en elaborar especificaciones de networking de alto nivel para los sistemas Wimax, fijos, nomádicos, portátiles y móviles que van mas allá de lo especificado en el 802.16.

La arquitectura End to End de Wimax esta basada en la plataforma “todo sobre IP” (All-IP), tecnología de paquetes que no considera los clásicos circuitos telefónicos.

All-IP ofrece la ventaja de tener costos reducidos por derechos de propiedad durante su ciclo de vida. El uso de All-IP significa que un núcleo común puede ser utilizado sin la necesidad de mantener el núcleo de circuitos y el de paquetes con los gastos que esto implica. Un beneficio adicional de All-IP es que posiciona la red en la curva del crecimiento de funcionalidad de los procesadores de propósito general y de los dispositivos de computación.

7.18.1. Soporte para servicios y aplicaciones

La arquitectura End to End incluye el soporte a:

- a. La voz, servicios de multimedia y otros servicios obligatorios como: servicios de emergencia, interceptación legal, etc.
- b. Acceso agnóstico a las redes de los proveedores de servicios de aplicación independientes (Application Service Provider, ASP).
- c. Comunicaciones de telefonía móvil utilizando VoIP.
- d. Soporta interfases con gateways de interworking y media permitiendo la entrega de los servicios tradicionales del operador, los cuales son montados sobre IP. (SMS, over IP, MMS, WAP) y enviados sobre las redes de acceso de Wimax.
- e. Soporta la entrega de servicios IP, Multicast y Broadcast sobre las redes de acceso de Wimax.

7.18.2. Interworking y roaming.

El Interworking y el Roaming son otra de las fortalezas clave de la arquitectura End to End de la red, la cual soporta los escenarios de implementación listados a continuación.

- a. Interworking muy ligero con las redes inalámbricas existentes como 3GPP y 3GPP2 o redes fijas existentes como DSL y MSO a través de las interfaces de interworking del IETF.
- b. Roaming global con las redes de los operadores de Wimax incluyendo el soporte para credenciales de re-uso, uso consistente del triple A para contabilidad y facturación y facturación consolidada.
- c. Gran variedad de formatos de credenciales de autenticación de usuario tales como, nombre de usuario/password, certificados digitales, módulo de identificación de usuario, SIM Universal (USIM), y módulo de identificación de usuario removible (RUSIM).

Los participantes del forum de Wimax identifican el modelo de referencia de red (NRM) como la representación lógica de la arquitectura de red. Este modelo identifica las entidades funcionales como puntos de referencia, sobre los cuales la interoperabilidad entre las entidades funcionales es alcanzada. La arquitectura ha sido desarrollada con el objetivo de suministrar soporte unificado a la funcionalidad que se

requiere para los diferentes modelos de implementación y escenarios de uso (usuarios fijos, nomádicos, portables, de simple movilidad y plena movilidad).

La figura 7.12 muestra el NRM (Network Reference Model), el cual consiste de las entidades lógicas: MS, ASN y CSN e identifica claramente los puntos de referencia para definir la interconexión de las unidades lógicas. Cada una de las entidades MS, ASN y CSN representa un grupo de funciones, donde cada una de ellas puede ser implementada en un solo dispositivo o distribuida en varios dispositivos.

El objetivo del modelo NRM es permitir múltiples opciones de implementación para una entidad dada y alcanzar la interoperabilidad entre ellas. La interoperabilidad está basada en la definición de los protocolos de comunicación y del nivel de tratamiento de los datos entre las diferentes unidades funcionales de tal manera que se alcance una operación total End to End.

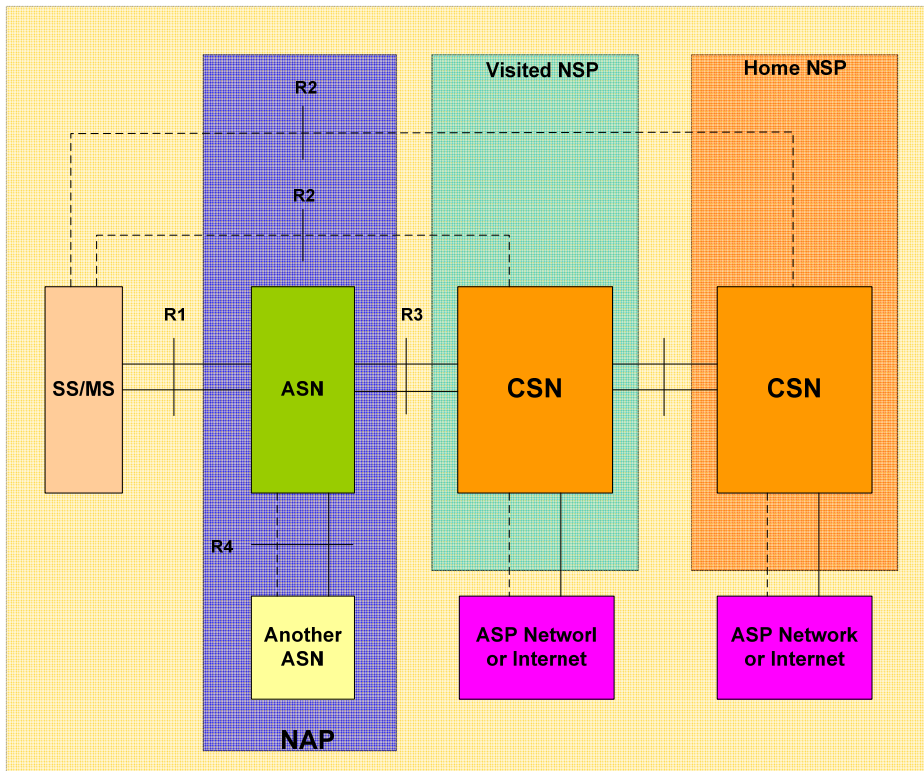


Figura 7.12 Modelo de referencia de la red de Wimax

La unidad red de servicios de acceso (Access Service Network, ASN) define una frontera lógica y es una manera conveniente de mostrar el conjunto de unidades funcionales y sus correspondientes flujos de mensajes que están asociados con los servicios de acceso.

El ASN representa la frontera para la interoperabilidad funcional de los “clientes” (interfases) de Wimax, La conectividad de las funciones de servicio y el conjunto de funciones diseñadas por los diferentes proveedores.

El Servicio de Conectividad de Red, (Connectivity Service Network, CSN) es definido como un grupo de funciones de red que suministran servicios de conectividad IP a los usuarios de Wimax.

El CSN incluye elementos de red tales como: Enrutadores, AAA, Servidores proxy, Bases de datos de usuario y dispositivos Gateways de interworking.

La figura 7.13 muestra una representación básica de las entidades localizadas de los grupos funcionales de ASN y CSN.

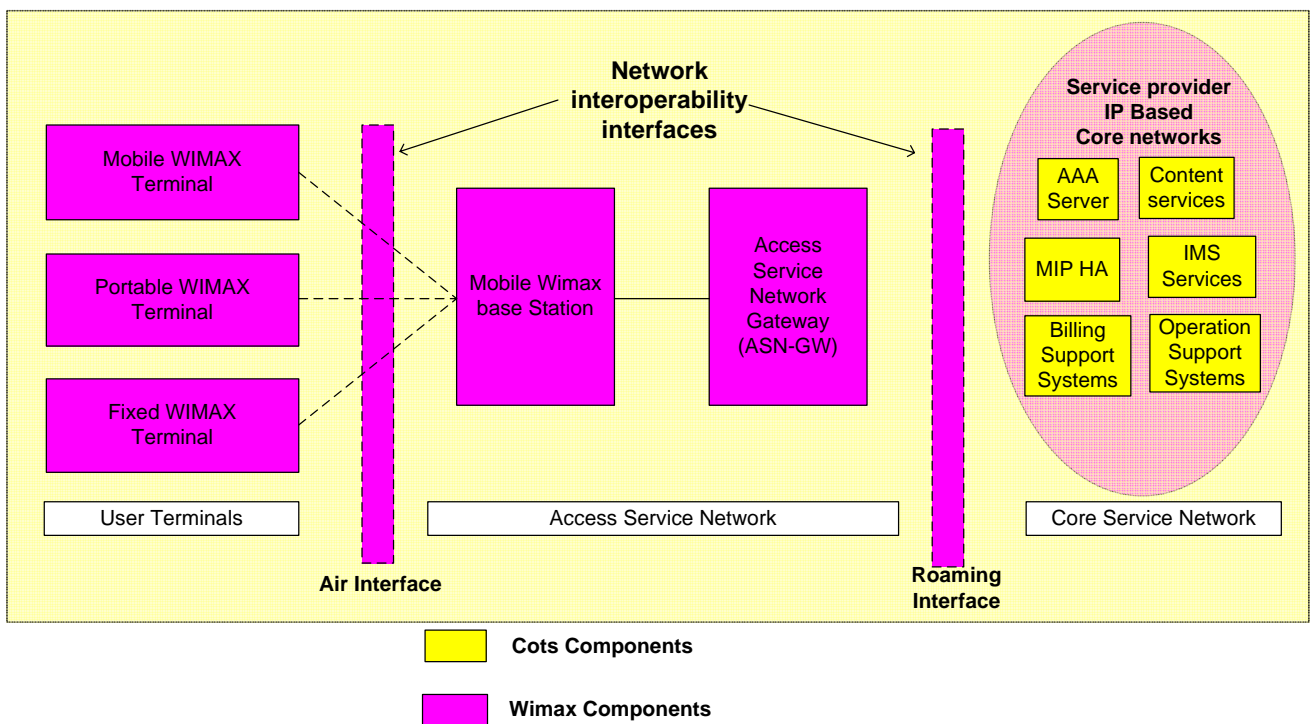


Figura 7.13 Red Wimax, Arquitectura basada en IP

La arquitectura de las redes Wimax debe diseñarse para cumplir varios requerimientos algunos de los cuales se listan a continuación.

- a) Soportar la compartición de los ASN’s (pertenecientes al proveedor a la red de acceso, NAP), entre múltiples proveedores de servicios de red (Network Service Provider, NSP’s).
- b) Soportar un solo NSP suministrando servicio sobre múltiples ASN’s, que son manejados por uno o más proveedores de acceso a la red (NAP’s).
- c) Soportar proveedores de acceso (NAPs) que emplean una o más topologías de ASN
- d) Soportar el acceso a los servicios existentes del operador, a través de funciones de internetworking.

- d) Contiene especificaciones abiertas y bien definidas para los puntos de referencia que están entre los grupos de entidades funcionales (en un ASN, entre ASN's, entre ASN's y CSN's, y entre CSN's.
- d) Soporta la evolución de los modelos en uso que estén sujetos a restricciones y suposiciones técnicas razonables.
- e) Permitir implementaciones basadas en combinaciones de entidades funcionales o entidades físicas de red, construidas por diferentes proveedores
- f) Etc.

7.18.3. Interoperabilidad multi-proveedor.

Otro aspecto clave de la arquitectura de Wimax es el soporte a la interoperabilidad entre los equipos de diferentes proveedores, ya sea dentro de un mismo ASN o entre ASN's. esto incluye la interoperabilidad:

- a. Entre la estación base (BS) y el equipo de backhaul dentro del ASN y entre varios ASN's
- b. Entre varios elementos ASN y CSN de diferentes proveedores, con mínima o sin degradación de la funcionalidad o la capacidad.
- c. El estándar 802.16 será terminado al final del 2006. Esto nos indica que la tecnología estará lista para ser implementada comercialmente para esas fechas. En el caso del estándar 802.16d las pruebas de interoperabilidad no han iniciado. Estas pruebas toman normalmente más tiempo de lo planeado, particularmente si se trata de un estándar nuevo.

7.19. Soluciones Wimax

7.19.1. Solución de Wimax, Línea de vista (Line Of Sight, LOS)

Los canales de radio de un sistema de comunicación inalámbrico son a menudo descritos como LOS o NLOS.

En un enlace LOS la señal viaja en una trayectoria directa sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor.

En un enlace NLOS la señal alcanza al receptor a través de reflexiones, múltiples trayectorias y difracciones. Estas señales tienen diferentes, retardos de propagación, diferentes atenuaciones y diferentes polarizaciones con respecto a una supuesta trayectoria directa.

El fenómeno de multi-trayectoria puede causar cambios en la polarización de la señal, por lo que si se utiliza el método de polarización para efectuar re-uso de frecuencias, como normalmente es hecho en las implementaciones de LOS, sin embargo este fenómeno que parece ser totalmente inconveniente es la clave en el suministro de servicio en condiciones sin línea de vista ya que la reflexión, la dispersión y la

difracción son los procedimientos para que las ondas puedan rodar obstáculos impenetrables. En este caso el incremento de potencia no es recomendable.

Ambas condiciones de cobertura LOS y NLOS son reguladas por las características de propagación de la localidad, las pérdidas de la trayectoria y el presupuesto del enlace de radio (Link budget).

Wimax tiene la capacidad de proveer cobertura bajo condiciones LOS y NLOS.

7.19.2. Beneficios de NLOS

Existen varias ventajas que hacen deseables las implementaciones NLOS, por ejemplo, los requerimientos estrictos de planeación y las restricciones de altura en las antenas para reducir la interferencia co-canal en celdas adyacentes.

Los equipos de usuario (CPE's) son dispositivos sin línea de vista (NLOS) los cuales no requieren de instalaciones especializadas, el usuario puede fácilmente instalarlos. La tecnología NLOS y los features en Wimax hacen posible utilizar CPE's interiores, los cuales deben superar las pérdidas de penetración de los edificios y cubrir distancias mayores, con menor potencia de transmisión y con antenas de menor ganancia.

Wimax tiene muchas ventajas que le permiten suministrar soluciones NLOS, cuenta por ejemplo con features esenciales como tecnología OFDMA, modulación adaptable y corrección de error. Adicionalmente a estos, Wimax tiene features opcionales tales como, ARQ, sub-canalización, diversidad y la codificación en espacio y tiempo.

7.19.3. Implementación Nómada, Portable y Móvil.

Las soluciones 802.16 están evolucionando paso a paso para proporcionar aplicaciones portables y móviles, por lo que el número actual de features se incrementará considerablemente para cumplir con los nuevos requerimientos de funcionamiento del sistema.

Además del servicio fijo, existen grandes oportunidades en el mercado para el suministro de servicios de datos de banda ancha a usuarios móviles. Inicialmente se tendrá conectividad portátil para usuarios fuera de de la cobertura de servicio fijo de banda ancha, y este sería un tipo de servicio donde el acceso es inalámbrico pero estacionario en la mayoría de los casos.

Podría decirse que el estándar 802.16e incrementó la cobertura del 802.11 en las redes de servicio público y privado, extendiendo los rangos de cobertura de los hotspots. Basada en esta capacidad de cobertura extendida, esta fase de implementación es llamada portabilidad con "simple movilidad".

La siguiente fase será "movilidad total", la cual suministra funcionalidades como: Soporte incremental para low latency, baja pérdida de paquetes, handover entre los puntos de acceso (Access Point) a velocidades de 120 km/hr (dentro la red y entre

redes). Estas funcionalidades permiten la entrega a los usuarios de aplicaciones de multimedia de alta calidad.

7.19.4. Nomadicidad y portabilidad.

El caso más simple de “Servicio Portable” (Nomadicity) involucra al usuario transportando el MODEM 802.16 hacia otra localidad que tenga servicio inalámbrico de banda ancha. En este caso el usuario nuevamente re-autenticará y manualmente re-establecerá las nuevas conexiones de IP.

En la siguiente etapa, “Portabilidad con simple movilidad”, se tiene un manejo más automático de las conexiones de IP con la permanencia de la conexión o el re-establecimiento automático de la misma.

7.19.5. Movilidad

En el escenario móvil los usuarios están en movimiento y simultáneamente pueden conectarse o permanecer conectados a una sesión de datos de banda ancha o a una sesión de Multimedia “Streaming” (Multimedia visualizada directamente de la Internet). Uno de los principales retos en el escenario móvil es soportar low latency y baja pérdida de paquetes durante los handover (cuando se pasa de un punto de acceso a otro).

De las tres capas físicas soportadas por el estándar, la OFDMA es la más versátil y es una de las preferidas para operación móvil de alta velocidad.

OFDMA soporta features expandidos de OFDM tales como:

- Sub-canalización en los enlaces descendentes y ascendentes (Downlink, Uplink)
- Espaciamiento fijo de la sub-portadora (Fixed sub-carrier spacing).
- Encabezado reducido para el prefijo cíclico (Reduced overhead for Cyclic Prefix) (CP), manteniendo su duración constante a un octavo de la duración del símbolo de OFDMA.

El 802.16 MAC es diseñado para aplicaciones punto-multipunto (P-M-P) y esta basado en CSMA/CA. El 802.16 AP MAC maneja los recursos de enlace ascendente y descendente (UL y DL) y la administración de la transmisión y la recepción.

MAC incorpora varios features para soportar un rango amplio de aplicaciones a diferentes velocidades de movilidad, como las siguientes.

- 4 clases de servicio, VGS, rtPS, nrtPS, y BE
- Supresión de encabezado (Header), Empaquetado y fragmentación. para la obtención de un eficiente uso del espectro.
- PKM para la seguridad de la capa de MAC; PKM versión 2 incorpora el soporte a EAP.
- Servicio Broadcast y Multicast

- Handover de alta velocidad y los principios de manejo de movilidad
- Tres niveles de potencia: Operación Normal, Dormido (sleep) y Libre (Idle) con soporte de Paging

Estos features combinados con los beneficios inherentes de OFDMA hacen el 802.16 muy adecuado para datos de alta velocidad o de ráfaga y para aplicaciones IP Isócronas de multimedia.

7.20. Principales aplicaciones de Wimax

Wimax soporta muchos tipos de conexiones de banda ancha, algunas de los cuales son listados a continuación:

- Redes de área metropolitana (MAN's) utilizando ancho de banda grande.
- Backhaul celular.
- Backhaul de grupos de hotspots de WiFi.
- Ultima milla de banda ancha.
- Otras aplicaciones misceláneas como, máquinas ATM (Automatic Teller Machines), servicios de voz y datos para vehículos, aplicaciones de seguridad y VoIP inalámbrica. Actualmente estas conexiones utilizan soluciones propietarias de banda ancha de muy alto costo.

7.20.1. Acceso de última milla

Acceso a Internet de alta velocidad o DSL inalámbrico, conectando la estación base a usuarios residenciales y de negocios, a empresas grandes y pequeñas, a negocios medianos y pequeños.

Suministrando acceso al Internet residencial, a las oficinas pequeñas, a la Oficina en casa (SOHO), a las áreas sin servicio y para proveer ancho de banda en demanda.

7.20.2. Backhaul

Habilita la interconexión entre sitios de abonado y la interconexión de los mismos a las estaciones de radio a través de grandes distancias, utilizando la topología Punto-a-Punto.

El ancho de banda del IEEE 802.16 es una gran alternativa para implementar el backhaul de las empresas comerciales como pueden ser los negocios que operan los hotspots.

7.20.3. Redes de área Metropolitana (MAN)

Lo que hace a Wimax atractivo es su potencial de poder suministrar acceso inalámbrico de banda ancha a secciones enteras en las áreas metropolitanas, en áreas pequeñas y también en áreas remotas.

Las redes de área metropolitana MAN's están siendo implementadas utilizando varios medios innovativos de transporte, por ejemplo: a través de cables de fibra, a través de los túneles del metro, o utilizando las líneas de transmisión de energía (BPL).

Para evitar estos problemas de falta de medio físico de transporte, se ha incrementado el interés de desarrollar las tecnologías inalámbricas.

Las redes inalámbricas MAN son catalogadas como la solución más viable de acceso de banda ancha ya pueden atender áreas del tamaño de una ciudad y servir como intermediarios entre LAN's y WAN's.

WMAN es una instalación inalámbrica fija que interconecta lugares dentro de una región geográfica grande.

7.20.4. Vídeo en demanda

Es uno de las tecnologías que no ha despegado y parece que ha llegado el momento de hacerlo a través de Wimax. Ahora se puede proveer estos servicios en forma masiva a bajo costo. Los usuarios ya podrán tener a su disposición videos de entretenimiento, aprendizaje y entrenamiento

7.20.5. Cajeros Automáticos (Automatic Teller Machines)

La capacidad de proveer cobertura ubicua en grandes áreas, proporciona a los bancos la facilidad de instalar máquinas ATM a costo bajo en lugares sub-urbanos y rurales evitando problemas de seguridad y costos altos en la renta de enlaces.

7.20.6. Voz y datos en vehículos

Proporciona a los propietarios de flotas vehiculares, a los suministradores de logística, etc. la facilidad de localización de sus vehículos, información de la capacidad de carga de los transportes en tiempo real, el tiempo de carga y descarga de los mismos, etc. lo cual permite alcanzar una mejor coordinación del transporte e incrementar la intercomunicación entre los conductores y los servicios de seguridad en caso de accidentes o bloqueos de tráfico.

7.20.7. Telemática y Telemetría

Telemática es la combinación de las telecomunicaciones y la computación. Se augura que es la siguiente área de gran crecimiento en la industria automotriz. Es bastante atractivo el uso de la telemática en **e-autos** con capacidad de audio email, web browsing, DVD, Digital TV, Radio, Información de rutas y tráfico.

Se cree que esta área crecerá a más de 15 millones de usuarios en 2005 en Estados Unidos.

Algunas de las aplicaciones más disruptivas pueden ser:

- Monitoreo remoto de los signos vitales de pacientes en centros de salud, para obtener información continua que permita una respuesta inmediata en el caso de que el paciente sufra alguna crisis.
- Transmisión móvil de mapas diagramas de piso, planos arquitectónicos para ayudar a los servicios de seguridad en actividades de rescate durante situaciones de emergencia.
- El Monitoreo en tiempo real, la alerta y el control de las situaciones durante el manejo de materiales peligrosos.
- Transmisión inalámbrica de huellas dactilares, fotografías, y otras imágenes desde y hacia el personal de seguridad que se encuentra en campo.

7.21. Convergencia

Tradicionalmente el término convergencia ha sido utilizado por la industria de telecomunicaciones cuando se discute la integración de las tecnologías alámbricas e inalámbricas: sin embargo, este no es el último enfoque del concepto: se debe considerar también la prestación de todos los servicios sobre un tipo de red controlado por un solo conjunto de estándares.

La conversión de las redes de telecomunicaciones y de todas las formas de comunicación y contenido a estándares digitales ha creado una infraestructura de red que facilita la convergencia de los servicios discretos de telecom hacia una única red. Recientemente las aplicaciones extendidas de IP han permitido la convergencia de los servicios hacia la Internet, por lo que ya se han incluido: datos, imágenes, música, video y servicios públicos de voz. VoIP es el paso más importante del proceso de convergencia, en las últimas tres décadas.

Los efectos de la convergencia entre los mercados de telecomunicaciones y los de información tecnológica, los de medios y los de entretenimiento han guiado hacia nuevas oportunidades de valor agregado, permitiendo con esto la entrada al mercado de nuevos intermediarios o sea, que debido a estos efectos, las barreras tradicionales que no permitían su entrada han desaparecido, por lo que están apareciendo nuevas formas de competición y sustitución de productos.

Esto significa que todo tipo de servicios pueden ser suministrados de una manera integrada sobre la red de Internet, utilizando tecnología IP.

En el modelo histórico de los proveedores de servicio telefónico, los servicios específicos y las funcionalidades eran integrados dentro de un diseño técnico y ambos eran suministrados por los monopolios telefónicos. Actualmente IP ha permitido una separación clara entre la red y los servicios, primero para los datos, más tarde para la fotografía, las imágenes, el audio, el vídeo, y las comunicaciones privadas de voz y ahora también para comunicaciones públicas de voz.

Una caracterización más precisa del más reciente desarrollo de convergencia utilizando IP es “todo sobre IP” (EoIP, Everything over IP). Todas las formas de

comunicación electrónica pueden ahora ser suministradas de manera integrada sobre una única red utilizando IP.

Aunque IP fue desarrollada para ser aplicado sobre Internet, los más grandes usuarios de IP son los operadores telefónicos. Ellos están en el proceso de convertir sus sistemas de Telecom a IP debido a la enorme reducción en costos que puede ser obtenida y al potencial de suministrar nuevos servicios en convergencia que estén dentro de la economía de la información del futuro, por ejemplo, e-comercio (e-commerce), e-gobierno (e-government) y otros servicios de e-aplicaciones. Al mismo tiempo la aplicación extendida de IP por los proveedores de servicios de Internet (ISP) para incluir los servicios públicos de voz, han abierto una nueva oportunidad de servicios para ellos y ha introducido un nuevo elemento de participación y competición en el suministro de servicios de voz pública y servicios nuevos de convergencia.

Los operadores que adapten las estrategias de su plan de negocios considerando el escenario cambiante con una introducción anticipada de servicios de convergencia conseguirán una buena ventaja competitiva.

Adicionalmente la introducción de la arquitectura de capas mejorará la eficiencia y flexibilidad de las redes y habilitará una suave introducción de los subsistemas de Multimedia IP (IMS), que es la clave para obtener servicios eficientes de convergencia.

7.21.1. Definición de convergencia

Tradicionalmente el término “convergencia fijo-móvil” ha sido utilizado por la industria de Telecom, cuando se discute la integración de las tecnologías alámbricas e inalámbricas, sin embargo no se puede referir esto como una convergencia particular, se debe considerar también la convergencia entre la media, el datacom, y las industrias de telecomunicaciones.

7.21.2. Expectativas de los usuarios finales.

Las necesidades del usuario basadas en sus cambios continuos de comportamiento y sus expectativas futuras, llevan a considerar tres áreas, que están relacionadas a la convergencia.

7.21.3. La facilidad de uso

Los usuarios esperan interfaces de usuario similares para la mayoría de los servicios sin tener que preocuparse del tipo de red a utilizar. Los servicios deben ser adaptados al dispositivo y a las características del acceso utilizado, incluyendo procesos simplificados para identificación, para el pago y también la capacidad de controlar el costo.

- **Siempre la mejor conexión**

Los usuarios esperan tener la capacidad de conectarse, a cualquier hora, en donde sea, y con el dispositivo de su elección.

- **Confiabilidad y seguridad**

Los usuarios esperan confiabilidad en sus transacciones, independientemente del acceso, y quieren una conexión con calidad garantizada. En la parte de seguridad, los usuarios no quieren virus, worms, o fraude, y definitivamente no quieren a nadie fisgoneando dentro de la red, alguien que pueda saber, quien esta solicitando una sesión de comunicación.

7.21.4. Red convergente

En el reciente pasado, las redes inalámbricas fijas, de datos y de servicios de cable-TV han existido aisladas entre ellas, En la siguiente generación las soluciones con arquitectura multi-capa mostrarán una forma más eficiente de construcción de redes las cuales tendrán una estructura multi-capa: una capa de servicio, una capa de control, una capa de backbone y una red de acceso. Un beneficio muy importante de la arquitectura de capas es tener una red convergente con todos los tipos de accesos lo que mejorará la calidad de servicio y permitirá la introducción eficiente de nuevos servicios de multimedia basados en IMS (Sub-sistema IP Multimedia). Los operadores pueden incrementar la eficiencia de la red utilizando transporte optimizado y soluciones codificadas por lo que no necesitarán cumplir con los requerimientos de sobrecapacidad de las redes separadas. Pueden alcanzarse ahorros significativos en los costos si se tiene una red con pocos nodos y bajos costos de operación. Desde el punto de vista de la inversión es posible optimizar los recursos de procesamiento de media y de control, por lo que se reduce la necesidad de reemplazar tecnologías o realizar actualizaciones de red. Figura 7.14

7.21.5. Subsistema IP de Multimedia (IP Multimedia Subsystem, IMS)

IMS provee una arquitectura flexible para la implementación rápida de funcionalidades (features) innovativas y sofisticadas, IMS se concentra en introducir una estructura técnica y comercial para los operadores móviles a fin de ofrecer servicios persona a persona utilizando un rango integrado y amplio de servicios de media, de voz, de video, de texto, de imágenes, etc. Los estándares han recomendado la adopción del protocolo SIP (Session Initiation Protocol) como el protocolo de control de servicio y esto permitirá a los operadores a ofrecer múltiples aplicaciones de manera simultánea, sobre múltiples tecnologías de acceso, tales como GPRS, UMTS o sobre otras tecnologías inalámbricas y fijas.

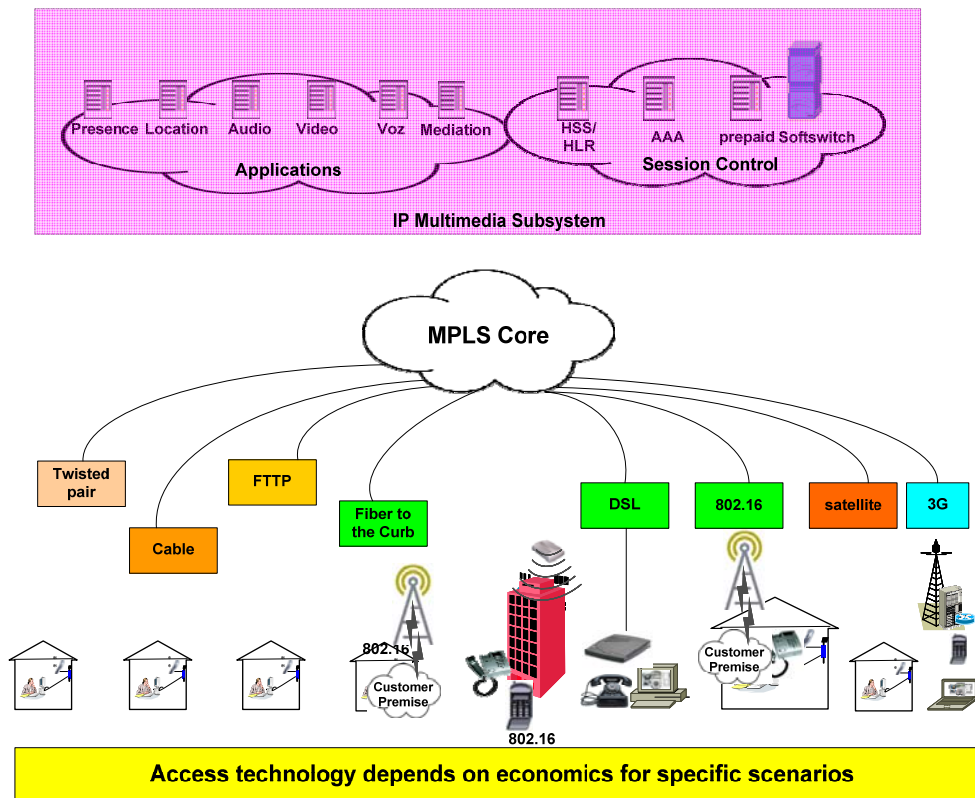


Figura 7.14 Subsistema IP Multimedia (IMS)

El estándar IMS acelerará la adopción del servicio de multimedia en los handsets permitiendo a los usuarios comunicarse vía voz, video o texto por medio de una única interfase de abonado en el handset. La visión para el núcleo de red del IMS es máxima flexibilidad e independencia de las tecnologías de acceso. Esta flexibilidad es llevada a cabo en parte por la separación de los procesos de: acceso, transporte y control.

El control es adicionalmente separado en: control de la media, control de la sesión, control de la aplicación (Media Control, Session Control, Application Control).

La red de acceso de radio provee la conexión sobre el aire desde el equipo de usuario hasta el núcleo de red, y también provee administración de movilidad de bajo nivel.

El núcleo paquetizado de la red (packet core network) provee el transporte de la señalización y tráfico y el manejo de movilidad de alto nivel.

El IMS provee el control de las aplicaciones, el control de las sesiones, la conversión de la media.

Dentro del nodo de IMS, el control de la media, el control de la sesión y el control de la aplicación se encuentran separados en distintas entidades. Las primeras aplicaciones que se lanzaron en servicio utilizando esta plataforma son, el Push to Talk, la presencia, la mensajería instantánea (Instant Messaging) y muchas otras aplicaciones interactivas que han evolucionado desde las aplicaciones de voz tradicional y de voz sobre IP (VoIP). Estas aplicaciones pueden usar una variedad de servicios básicos de red ofrecidos por IMS como:

- Servicios de control de sesión (Sesión control services) que incluyen suscripción, registro, enrutamiento y roaming.
- Combinación de varios y diferentes tráfico de media por sesión.
- Tarificación basada en servicio centralizado.
- Autenticación segura y confidencialidad basada en el ISIM/USIM.
- Soporte de calidad de servicio.

Además de estos servicios básicos el IMS soporta el interworking con la red pública en el dominio de los circuitos conmutados (CS) para voz, con las intranets corporativas, con las redes de ISP, y con la Internet.

Adicionalmente IMS es un acceso flexible que trabaja con cualquier red de acceso basada en paquetes: esto le permite al operador aprovechar la infraestructura del núcleo de IMS para utilizarla con el acceso de radio de UMTS, con los nodos, GPRS, EDGE, TD-SCDMA, con las tecnologías de radio de hotspots sin licencia (WiFi) y con las redes fijas.

IMS es un componente clave en la arquitectura multi-servicio de capas, es un subsistema que soporta sesiones de multimedia, que están estandarizadas por el 3GPP y que utiliza el SIP del IETF.

IMS es un soporte común para los servicios fijos, móviles y enterprise. Entrega servicios sobre múltiples redes de acceso como son: CDMA 2000, WCDMA, GSM, banda ancha fija (Fixed broadband) y WLAN. Por tanto es un punto de referencia muy importante dentro del proceso de convergencia.

Una red convergente utilizando IMS permite la compartición de los siguientes recursos sin importar el servicio o tipo de acceso.

- Cobro.
- Presencia.
- Directorio.
- Grupos y lista de funciones.
- Aprovisionamiento.
- Manejo de media.
- Control de la sesión.
- Operación y administración.

El camino de evolución de la red es el único camino para cada uno de los operadores y depende de muchos factores incluyendo el escenario de negocios, la cultura, las regulaciones, el comportamiento del usuario final, la penetración de la PC y los servicios móviles.

La reacción estratégica de los operadores actuales con respecto a estos desarrollos ha sido de una competición cauta con estrategias de prevención dentro de estos campos nuevos de creación de valor de acuerdo al principio de “canibaliza tus sistemas antes de que alguien más lo haga”.

La transformación de la red actual hacia la red convergente del futuro deberá ser hecha paso a paso a través de un largo proceso, por supuesto dependiendo del tamaño de la red en cuestión

Wimax será una tecnología clave en la convergencia de las redes móviles y fijas, proporciona a los proveedores de servicios nuevas opciones que les permitirán suministrar servicios de multimedia a los usuarios a muy bajo costo.

Esta versatilidad abre nuevas oportunidades de negocios a bajo costo, pues proveerá este ancho de banda a los usuarios en nuevas regiones y nuevos servicios generadores de ganancias como el video streaming inalámbrico.

Wimax es otra tecnología de acceso que puede ser soportada con el mismo grupo de operaciones y la misma administración de usuarios, por lo que los operadores tomarán ventaja del conocimiento que ya tienen de la red para cubrir los gaps de DSL y proporcionar servicios inalámbricos a los usuarios desde los puntos de acceso de fibra (FTC), evitando con esto los costos instalación de los últimos 100 ms de fibra.

Wimax ofrece una solución que cumple totalmente los requerimientos de interoperabilidad con la tercera generación por lo que aumentará la cobertura y el servicio a los usuarios y también permitirá a los proveedores de servicios de multimedia tomar ventaja de las nuevas tecnologías aprovechándolas como una fuente de nuevos ingresos, suministrando los servicios de multimedia a los usuarios dondequiera que ellos se encuentren. Ver figura 7.15

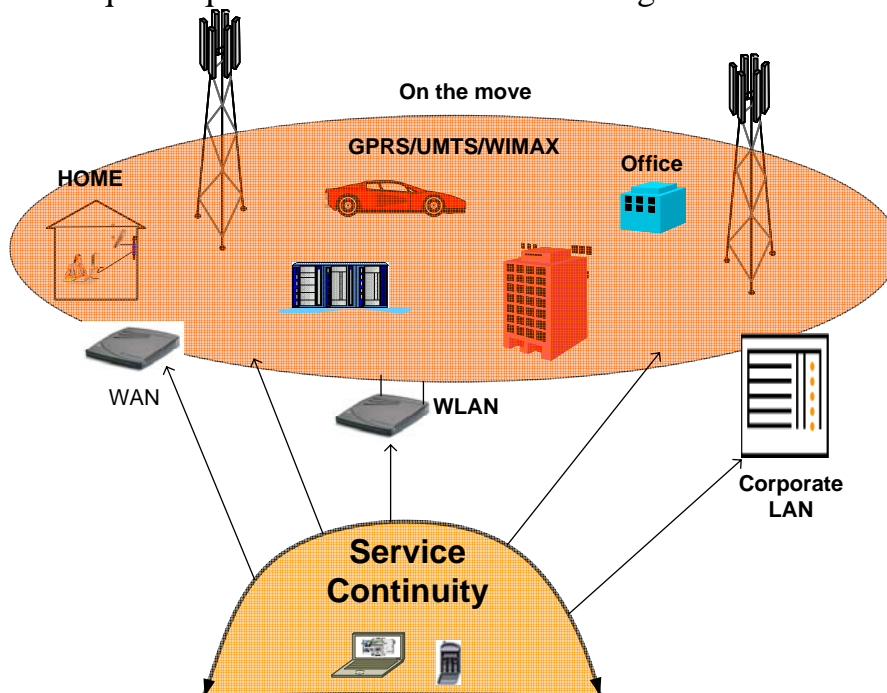


Figura 7.15, Siempre la mejor conexión

7.22. Conclusiones

Hasta ahora hemos hecho un breve recorrido a través de las tecnologías inalámbricas de banda angosta, conocidas como sistemas de telefonía celular que se han implementado en México, hemos iniciado desde la versión analógica, la cual utilizaba modulación en frecuencia, perteneciente a la primera generación, hemos visto su diseño de estructura simple y fácil de entender, y su no tan simple diseño de ingeniería celular, y sus deficiencias iniciales. También hemos descrito la tecnología TDMA, la cual fue la tecnología con la que Telcel inició su crecimiento explosivo, que a la fecha continúa y que es parte también de la primera generación. TDMA tecnología precursora de GSM.

Una descripción básica de GSM es también incluida: Esta tecnología aparece como la gran ganadora en el mundo, en la gran carrera tecnológica con CDMA, que aunque mejor tecnología ha sido dejada en el camino. Un ejemplo de esto es que las mayores operadoras de América Latina han optado por GSM.

CDMA, con excelente calidad de audio, excelente eficiencia en uso de espectro, no le alcanzó para ser exitoso en el mercado latinoamericano, la gran competencia tecnológica la han ganado los europeos. La generación 2.0, 2.5 de CDMA con su ingeniería celular simple, su facilidad de crecimiento, su gran resistencia a la interferencia, y su mayor capacidad de tráfico, han quedado solo como una muestra de un excelente diseño de ingeniería. A la fecha pareciera que los fabricantes han perdido interés en su desarrollo de infraestructura y de handsets. Solo Iusacel y Unefon permanecen con esta tecnología en México, ellos tienen 5.0 millones de usuarios poca cosa comparada con Telcel que tan solo en México tiene mas de 43 millones de usuarios. En Latinoamérica uno de los más grandes operadores, Vivo, está reemplazando su tecnología CDMA de 2.5G.

Finalmente, llega una tecnología inalámbrica que actualmente es fija y que esta planeada para proveer movilidad de la misma forma que lo hacen las tecnologías móviles. Esta tecnología conocida como Wimax, proporciona acceso múltiple de banda ancha, no se espera que reemplace a las tecnologías de tercera generación, pero si que las complemente y que avance considerablemente sobre su terreno. Wimax esta en su etapa final de diseño, varios operadores y proveedores (Telmex, Axtel, Lucent, Alvarion, Alcatel, etc.) están trabajando fuertemente en proyectos de prueba e implementaciones de versiones iniciales de este sistema en México. La convergencia ha llegado y los negocios inician a experimentarla, Wimax amenaza a los cableros y proveedores de tecnología DSL. Los proveedores de 3G están presionados para proporcionar servicios con velocidades de datos que puedan competir con Wimax. Los mismos operadores están analizando seriamente la implementación de 3G, sus grandes costos de licencias de uso, la disponibilidad de espectro, la convergencia de sus sistemas fijos/móviles, la convergencia total hacia IP, la compatibilidad de sus nodos de datos con IP y con las nuevas aplicaciones, hacen el escenario de las telecomunicaciones bastante interesante y complejo.

Capítulo 8
Modelo matemático

8	DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO GENERAL -----	243
8.1	Introducción -----	243
8.2	Objetivo inicial -----	244
8.3	Descripción del Modelo general, de los tipos de escenario y las tablas de evaluación 245	
8.4	Evaluación de escenarios -----	245
8.5	Evaluación de la factibilidad de implementación de la tecnología Wimax en México 257	
8.6	Proyecto de implementación la tecnología Wimax en México, en la red del operador de telecomunicaciones fijo, TelDream. Y la factibilidad de una prueba de campo por parte del proveedor. -----	262
8.7	Evaluación de la factibilidad de implementación de la tecnología Wimax en la red de TelDream -----	267
8.8	Evaluación de la factibilidad de implementación de un trial de tecnología Wimax en la red de TelDream -----	268
8.9	Decisión final de la factibilidad de la prueba de campo de Wimax en la red de TelDream -----	269

8 Diseño Del Modelo Matemático General

8.1 Introducción

Una vez que hemos descrito en forma básica la mayoría de las redes de acceso utilizadas hasta ahora en la industria celular, podemos estar preparados para realizar la evaluación de un sistema nuevo, analizar la factibilidad de su implementación, evaluar la necesidad de alguna expansión a los sistemas existentes o definitivamente decidir por utilizar alguna otra tecnología.

De acuerdo a lo referido en el primer capítulo, usualmente las empresas proveedoras realizan análisis económicos de la factibilidad de los nuevos productos en el mercado, y estos análisis se hacen en donde ellos tienen presencia principal por lo que usualmente lo hacen en Europa, en Asia o en USA. De esta manera podemos decir que para Latinoamérica y otros países, estos proveedores tratan de utilizar el mismo sistema de aplicación que han utilizado en otros mercados, sin tomar en cuenta las diferencias locales y regionales que existen. Esto produce normalmente problemas de interconexión, operabilidad, compatibilidad durante la implementación del proyecto. Todos los proveedores enfrentan este tipo de problemas y por lo regular el que más rápido actúa para cumplir con los estándares y condiciones especiales del mercado es el proveedor seleccionado.

Usualmente durante la respuesta a los concursos, como solicitudes de información (RFI), solicitudes de cotización (RFQ), solicitudes de propuesta (RFP), los proveedores informan que cumplen con la mayoría de los requerimientos técnicos como pueden ser, estándares, protocolos, features, aplicaciones especiales, tipos de señalización, etc. planeando llevar a cabo las adecuaciones de SW, HW, features, aplicaciones especiales inmediatamente después de haber obtenido el contrato. Esto ha sido un gran error y muchos grandes proveedores lo han pagado muy caro, ya que finalmente después de haber terminado la implementación del equipo y de haber ido a servicio comercial con un grupo de usuarios de confianza (friendly users), el operador se da cuenta que el proveedor no ha logrado cumplir en tiempo con las especificaciones técnicas marcadas en el RFQ, y que además estas funcionalidades faltantes afectan la integración del sistema a la red pública existente y por tanto afecta el nivel de servicio proporcionado al usuario final. De esta manera, verificando los faltantes o cumplimiento de las especificaciones técnicas, se aplican las cláusulas del contrato, y el proveedor debe desmontar el equipo y pagar las multas correspondientes por la falta de cumplimiento.

En el peor de los casos el adecuar el equipo a las condiciones del mercado particular, es tan costoso y por tanto inviable económicamente que es preferible salir del mercado. La peor parte de este error, no es desmontar el equipo, es perder la confianza del operador en el proveedor, ya que difícilmente le tendrán confianza en el futuro y si desea obtenerla deberá pagar un precio muy alto.

8.2 Objetivo inicial

El objetivo inicial de este trabajo es diseñar una herramienta por medio de la cual se pueda analizar en forma automática el grado de cumplimiento de las tecnologías inalámbricas de la tercera/cuarta generación con los requerimientos del mercado donde esta se aplicará, y asegurar que desde antes de hacer cualquier inversión, el éxito esté asegurado dentro de un margen determinado.

Como parte de la estrategia de construcción de este modelo se ha descrito en los capítulos anteriores las principales características de las tecnologías de redes de acceso; de esta manera se tiene disponible una buena porción de información que deberá considerarse para hacer de cualquier evaluación una medición confiable.

Se ha generado una tabla de cálculo general donde se evaluarán los principales aspectos de cada tecnología. Esta hoja de cálculo considera la tecnología actual, sus principales características técnicas, sus aplicaciones, factores económicos, etc.

Esta tabla contabilizará el grado de cumplimiento de cada una de las capacidades de la tecnología bajo estudio o bajo evaluación de tal manera que deberá llenarse la tabla con la información concerniente a la tecnología en evaluación.

Esta tabla incluye las características que el sistema debe cumplir de acuerdo al grado de desarrollo y a los estándares vigentes o en proceso.

En esta tabla se incluyen columnas adicionales para establecer un cierto compromiso de desarrollo en caso de que algunas especificaciones no se cumplan actualmente, pero que en el próximo futuro puedan ser cumplidas en las nuevas versiones de SW.

Inicialmente el cálculo se hará de manera uniforme (para este estudio), dándole el mismo peso a cada uno de los puntos en evaluación, ya que el peso depende de las prioridades de cada operador o fabricante. La tabla esta preparada para que los pesos sean adjudicados de forma simple y así modificar la evaluación de acuerdo a las prioridades de cada evaluador y dependiendo de la naturaleza del proyecto a evaluar.

Para esto se utilizará un procedimiento común de evaluación que con algunos ajustes se pueda aplicar a cualquier tecnología, y a cualquier proyecto, desde el punto de vista del proveedor, cuando se trate de evaluar la viabilidad de una prueba de campo, o un proyecto ya contratado y también desde el punto de vista del operador cuando se trate de evaluar la migración hacia nuevas tecnologías.

Este procedimiento de evaluación utiliza Excel, en el que por medio de tablas de evaluación se establecerá una calificación parcial de tal manera que la suma de estas puntuaciones nos proporcione una calificación final que sea la que nos indique la viabilidad del proyecto.

8.3 Descripción del Modelo general, de los tipos de escenario y las tablas de evaluación

Existen muchos niveles de estudio de evaluación de proyectos, por lo que usualmente es difícil decidir hasta que nivel debe uno detener el análisis sin afectar la exactitud del resultado. Aquí nos concentraremos principalmente en la evaluación técnica, aunque se tocarán algunos aspectos del caso de negocios basado en información obtenida de otros estudios e información económica y comercial.

Para efectuar este análisis se construirá un modelo general que incluirá varias tablas de evaluación de cada uno de los escenarios listados a continuación:

- Descripción de la red.
- Escenario económico.
- Escenario Competitivo
- Escenario técnico
- Análisis de Fortalezas, debilidades, Oportunidades y amenazas (Strength, Weaknesses, Opportunities and Threats, SWOT)
- Análisis de riesgo

Este modelo general es flexible y podrá ser modificado de acuerdo a las necesidades particulares de cada proyecto. Las tablas que contiene este modelo son listadas a continuación:

1. Tabla de decisión
2. Tabla de resultados
3. Tabla de descripción de la red existente e información económica de la operación.
4. Tabla de análisis del escenario económico basado principalmente en un caso de negocios.
5. Tabla de análisis del escenario competitivo.
6. Tabla de evaluación del escenario técnico
7. Análisis de SWOT
8. Análisis de Riesgo

A continuación se presentará una breve descripción de estos escenarios de evaluación, de las opciones, de las suposiciones y las predicciones.

8.4 Evaluación de escenarios

Antes de cualquier análisis económico de proyectos de la red de acceso Wimax, se tienen que considerar ciertas opciones y un cierto número de suposiciones y predicciones.

Las opciones incluyen la selección de áreas geográficas, de los segmentos de usuario que se van a servir, el tipo de servicios que se proveerán, y la tecnología que se utilizará.

En el caso de las suposiciones y predicciones, consideraremos el nivel de competición en el mercado, la velocidad de penetración de cada clase de throughput y la evolución de los precios de los servicios y componentes de la red.

Cada escenario está definido como una descripción de las condiciones de esa red dentro del mercado de las telecomunicaciones, incluyendo a cada uno de los operadores que suministran servicios a los usuarios dentro de una cierta área y dentro de un cierto tiempo. Cada uno de estos escenarios está caracterizado por ciertos atributos.

8.4.1 Tabla de decisión

Esta tabla contiene el resultado final de la evaluación y la decisión a ser tomada.

8.4.2 Tabla de resultados

Es una tabla donde se consolidan los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones, para facilidad y claridad del método.

8.4.3 Tabla de Descripción de la red

Como parte inicial de este modelo, se incluirá una tabla con los datos más representativos (descripción de la red) que deben estar disponibles para tener una referencia exacta de la red existente y lograr con esto una evaluación más precisa del proyecto en cuestión.

8.4.4 Escenario competitivo

En esta tabla especificaremos la información acerca del estatus de operador o proveedor con respecto a la competencia, que ventajas tiene sobre sus competidores en términos de capacidad de la infraestructura existente, la participación de mercado, la influencia con la agencia reguladora, los socios tecnológicos, los socios comerciales, las condiciones del mercado, el estatus regulatorio y los servicios.

La parte regulatoria describe las estructuras de tarifas y las ganancias de los operadores, así como la participación del mercado potencial entre los operadores. Los atributos a ser definidos incluyen el número de competidores en el suministro de servicios, el aprovisionamiento de la red de acceso y el porcentaje de participación de mercado de cada uno de los competidores.

Las condiciones del mercado, describen las características demográficas del área donde se suministrará el servicio a través de una red nueva o de una actualización de red. Además la infraestructura de red existente.

Los servicios se refieren a los servicios suministrados a los usuarios finales por los operadores. El tiempo de evolución de la penetración del mercado y de las tarifas de esos servicios.

8.4.5 Escenario técnico

El escenario de tecnología describe las tecnologías sistemas y arquitecturas que se utilizan para que los operadores suministren los servicios seleccionados a los usuarios, las etapas de evolución entre la red existente y la red final, el costo del equipo de red, de los servicios de instalación y de los servicios de OA&M.

Los valores de los atributos no son fijos, normalmente están variando con el tiempo ya que los proveedores están continuamente desarrollando de nuevas funcionalidades, aplicaciones y servicios o están creando correcciones a problemas de SW.

8.4.6 Escenario económico

Este escenario es usualmente analizado por alguna de las varias herramientas existentes en la industria, en este caso hemos tomado los resultados de un análisis existente, que aplica muy cercanamente a las condiciones del mercado mexicano.

Herramientas para el cálculo tecno-económico

El análisis económico es llevado a cabo utilizando una herramienta propietaria, que es una aplicación basada en hoja de cálculo para evaluación económica. Con esta herramienta se realizan evaluaciones tecno-económicas y análisis estratégicos que combinan parámetros de alto nivel como son la densidad de usuarios y la penetración de servicio con parámetros de bajo nivel, como son el costo de los componentes de bajo nivel.

A continuación hacemos una descripción de los principales aspectos considerados en este análisis económico. Estos resultados son importantes para complementar este estudio y hacerlo más confiable.

Caso de negocios

El análisis económico consiste de la evaluación de la viabilidad económica del proyecto de tecnología. Basado en la densidad de la población en el área a servir, el ARPU, tipo de mercado (desarrollado, emergente, etc.), competencia existente, participación de mercado de los competidores existentes, dinámica del mercado, etc. Para esto usualmente se genera un caso de negocios, el cual incluye todas estas variables y utilizando alguna de las herramientas existentes se calcula la viabilidad económica del proyecto. En este caso como complemento importante al análisis técnico propósito de este trabajo, incluiremos la descripción de las principales variables económicas utilizadas en la evaluación del caso de negocios.

Gastos

Los costos de edificios y operación de la red de banda ancha se dividen en gastos de capital y gastos de operación.

Los gastos de capital (CAPEX) incluyen la inversión en la infraestructura de red y los dispositivos, también el HW requerido para las funciones de OA&M, por

ejemplo, los sistemas de administración de red, los sistemas de cobro, y facturación.

Los gastos de operación (OPEX) incluye los costos de labor, y los gastos de operación y manejo de la red, los costos de mercadotecnia, de ventas y de servicio al usuario

Gastos de capital

Los gastos de capital se refieren a la inversión en infraestructura, diseño e implementación de la infraestructura de red; por ejemplo, localización de sitios, obra civil, sistemas energía, sistema de antenas, sistema de transmisión. El equipo incluye las estaciones base los controladores de radio, preparaciones del sitio, espectro y todo el núcleo de red.

Gastos de operación

Los gastos de operación pueden ser, la operación de centros de soporte, gastos de personal, gastos de entrenamiento, gastos de administración que aseguran el nivel de servicio, gastos de aprovisionamiento, renta de sitios, backhaul, mantenimiento de la red.

Los gastos de operación se pueden dividir principalmente en tres tipos

Orientado al usuario: costos para conseguir usuarios, comisiones de vendedores y subsidios a las terminales

Orientado al ingreso: costos para persuadir a los abonados a usar los servicios y la red o costos relacionados al tráfico generado, por ejemplo desarrollo de servicio, staff de marketing, promoción de ventas e interconexión.

Orientado a la red: costos asociados a la operación de la red, por ejemplo, transmisión, renta de sitios, operación y mantenimiento.

Un estimado del 25-28% del costo total corresponde a OPEX, en redes maduras o estabilizadas.

Productividad como salida

El primer resultado de un análisis económico es saber si la inversión en el proyecto en cuestión es productiva o no. las mediciones comúnmente utilizadas para determinar la productividad de un proyecto incluye el “valor presente neto del proyecto”, la velocidad del retorno de la inversión (Internal Rate of Return), y el periodo de retorno de la inversión (payback period).

Modelo de flujo de caja.

Cuando los ingresos, las inversiones y todos los costos operacionales son estimados por año durante el periodo en estudio, Las series de flujo de caja CF (t) pueden definirse como:

$$CF(t) = \text{Revenue}(t) - \text{Investment}(t) - \text{OPEX}(t)$$

El valor en el tiempo del dinero y el riesgo es tomado en cuenta en la relación de costo de oportunidad r (discount rate r). Las series de flujo de caja son definidas como:

$$DCF = CF(t)/(1+R)^t$$

La suma de todos los flujos de caja proporcionan el valor neto presente NPV (Net Present Value), que es una medida del valor del proyecto. Si el $NPV > 0$ el proyecto es productivo, de otra manera no lo es.

El NPV es la medida más favorable acerca de la productividad de un proyecto de inversión y ayuda a tomar mejores decisiones que utilizando otros criterios.

El NPV de un proyecto es calculado como la diferencia entre el valor de los ingresos futuros y la inversión inicial.

La regla NPV establece que la compañía debe invertir en cualquier proyecto con NPV positivo. El costo de oportunidad (discount rate) del capital representa el ingreso con mayor ganancia, que es esperado por invertir en el proyecto en lugar de hacerlo en el sistema bancario o de valores.

La velocidad de retorno de inversión (Internal Rate of Return, IRR) de un proyecto está cercanamente relacionado al NPV; de hecho, el costo de oportunidad del capital (discount rate) que hace que el valor $NPV = 0$, es la velocidad de retorno de la inversión (Internal Rate of Return, IRR) de un proyecto.

El IRR establece que una compañía debería aceptar las oportunidades de inversión que ofrecen IRR por encima del costo de oportunidad del capital (discount rate). El IRR tiene algunas deficiencias comparado con el NPV.

El periodo de pago (payback) de un proyecto es el número de años que pasan, antes que los ingresos acumulados iguallen la inversión inicial.

Cuando se utiliza la regla del retorno de la inversión (payback), en decisiones de inversión, todos los proyectos que retornan la inversión antes de una fecha definida de corte son considerados productivos. Esta regla tiene deficiencias mayores, una de ellas es que ignora todos los flujos de caja antes de la fecha de corte, y no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo y que antes de la fecha de corte, ya que asigna el mismo peso a los flujos de caja.

Curva de balance de flujo de efectivo

Esta curva proporciona una vista simple de la productividad de un proyecto y es una buena herramienta junto con el NPV. Figura 8.1

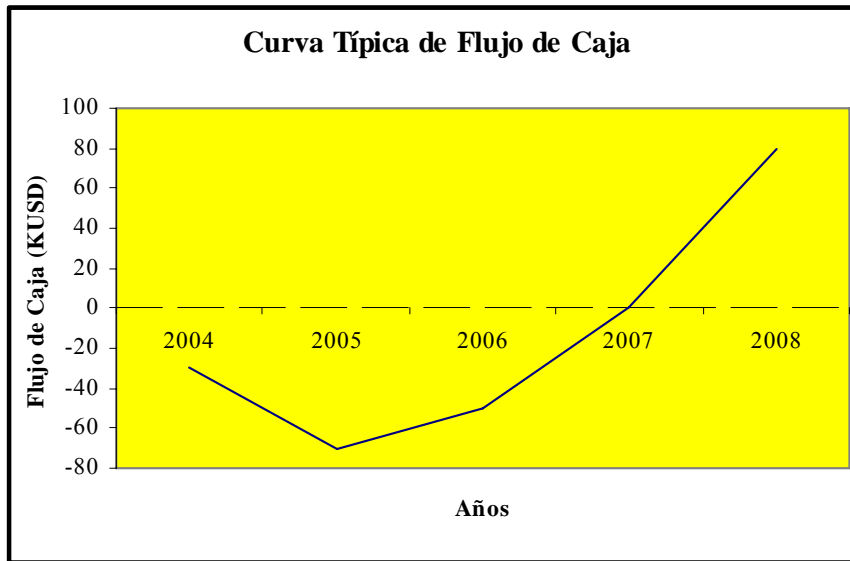


Figura 8.1, Curva típica de flujo de caja

8.4.7 Análisis de riesgo y sensibilidad.

Los costos de inversión en proyectos de actualización de redes de acceso son muy grandes, el tiempo esperado de la inversión es de varios años, por lo que los operadores necesitan hacer predicciones del futuro. Figura 8.2. Estos pronósticos siempre tienen un cierto grado de incertidumbre, y las principales fuentes de incertidumbre vienen de las predicciones, de la demanda del servicio, la competencia entre los operadores, los costos de los componentes de la red y los costos de operación de las nuevas arquitecturas de red. Esta incertidumbre y sus efectos en la viabilidad del proyecto de inversión son evaluadas por medio de análisis de riesgo. Una manera común de manejar el riesgo en el proceso de toma de decisión de la inversión es realizar el análisis de las condiciones del mercado. Esto ayuda a incorporar el riesgo del proyecto en la fórmula NPV.

El análisis de sensibilidad es una técnica utilizada para localizar y evaluar el riesgo y su impacto potencial sobre el valor del proyecto. Ayuda a evaluar el impacto producido por cambios en suposiciones clave que afectan la productividad del proyecto (por ejemplo NPV). Los análisis de sensibilidad pueden ser graficados, y esta gráfica nos proporciona una vista muy clara de la sensibilidad de cada variable. La sensibilidad de cada variable es mostrada por la pendiente de la curva, Entre más pronunciada más grande será el impacto de sus cambios sobre el NPV.

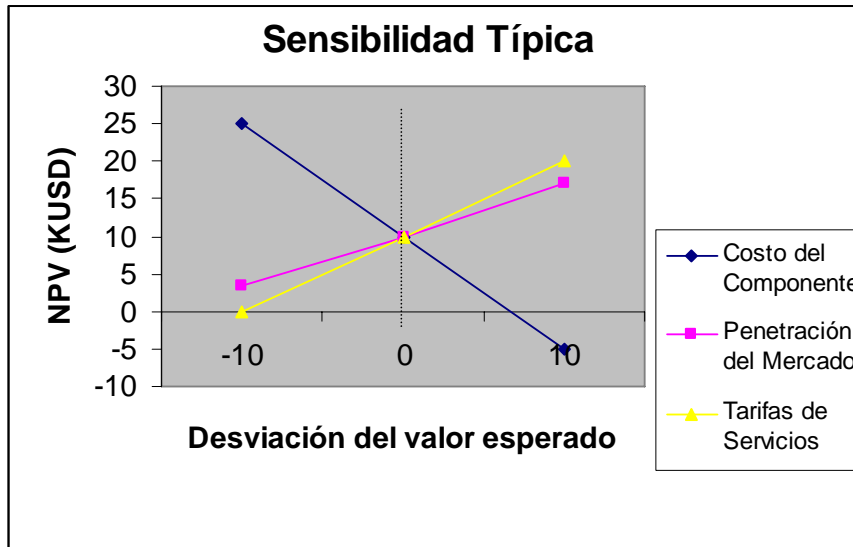


Figura 8.2, Curva típica de análisis de sensibilidad

8.4.8 Análisis, fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (SWOT)

A continuación presentamos algunas de las fortalezas de la tecnología y además en la tabla presentaremos más información con respecto al operador o proveedor bajo evaluación, de acuerdo a sus condiciones particulares.

Fortalezas:

- Bajo costo de implementación y operación (33 dólares por casa en lugar de los 300-600 de DSL).
- Alta velocidad (75 Mbps) y cobertura de 50Km.
- Sistema autoconfigurable
- El control centralizado en MAC permiten simultáneos flujos de servicio
- Gran resistencia al desvanecimiento de multitrayectoria y a la interferencia de banda angosta.

Debilidades

Además de las desventajas generales del inalámbrico de banda ancha, existen fallas específicas en los diferentes estándares inalámbricos, entre ellos Wimax. Algunos de ellos son:

- Alto consumo de potencia (todavía esta lejos la penetración con dispositivos portátiles y móviles)
- La movilidad no esta totalmente especificada, y podría ser una implementación compleja
- El ancho de banda de los canales de trabajo de Wimax (10 MHz y mayores), tienen características de línea de vista que deben tener una trayectoria libre para la transmisión de la señal

- El estándar no es compatible con las tecnologías inalámbricas existentes, en otras palabras el equipo existente 802.11 no puede recibir o transmitir señales del 802.16, de manera que cada usuario Wimax tiene que adquirir equipo nuevo.
- Las antenas de la estación de abonado pueden ser interiores o exteriores para la recepción de las señales, sin embargo las antenas interiores no garantizan la recepción de la señal en todos los edificios; de hecho, la infraestructura de Wimax con antenas interiores necesita tamaños de celdas pequeños y por tanto se tienen redes con costos más altos. La idea de instalar antenas exteriores en las instalaciones del usuario puede desanimar a los usuarios de utilizar Wimax.
- Oportunidades
 - Infraestructura inalámbrica de alta velocidad.
 - Solución acceso inalámbrica de ultima milla.
 - Infraestructura celular para la convergencia de las redes.
- Amenazas
 - La implementación masiva de las redes ADSL, DSL.
 - La penetración celular es muy alta y continua en crecimiento.
 - La Implementación masiva de 3G.
 - La implementación global del estándar 802.20.

8.4.9 Análisis de Riesgo

Existen muchos riesgos e incertidumbre el desarrollo de nuevas tecnologías y en su adopción. Solo los riesgos mayores son tomados en cuenta, no la totalidad de ellos. Los riesgos son contabilizados en cuatro secciones, incertidumbre en la demanda, incertidumbre en la tecnología, incertidumbre en la operación e incertidumbre legal y regulatoria.

Incertidumbre tecnológica

- La división digital, es uno de los factores de riesgo claves. Es importante para los operadores considerar el riesgo que conlleva una división digital adicional, ya que representa cambios potenciales de alto nivel en las estructuras de la regulación y tal vez obligaciones que no sean económicamente atractivas.
 - Convergencia, es el segundo riesgo tecnológico, convergencia es un fenómeno manejado por los proveedores, este cambio es el resultado de la innovación tecnológica; sin embargo, si el mercado es económicamente restringido, la implementación potencial de algunos features debe ser revisada.
- Incertidumbre en la demanda

- Demanda incierta, Involucra el riesgo y las dudas correspondientes a la reacción de los usuarios con respecto al producto o servicio y su aceptación. Como la demanda es vital para el éxito de cualquier nueva tecnología, este es también un factor clave de riesgo.

Incertidumbre en el mercado

La incertidumbre en el mercado es originada por productos nuevos o mejorados. Nunca hay certeza de la reacción de los consumidores durante el lanzamiento de un nuevo producto, si este tiene cambios radicales o si los cambios se hacen en forma incremental. Los mercados de tecnología son más inciertos que los de demanda, ya que las innovaciones radicales son a menudo basadas en necesidades supuestas o extrapoladas, de manera opuesta a como se manejan los mercados de demanda donde las necesidades ya están identificadas y los mejoramientos se hacen de manera incremental. Aún cuando exista una gran necesidad de tecnología, la calidad y la dinámica de la demanda es difícil de predecir.

Incertidumbre legal y regulatoria

El factor que permite atraer y mantener a los operadores de telecomunicaciones y los proveedores de servicios es básicamente la estabilidad y viabilidad del organismo regulador. Si este escenario es sujeto de mala administración, o interferencia política, difícilmente se conseguirá el desarrollo y el progreso del sector de telecomunicaciones. Las licencias no deben ser tan caras o inflexibles, la experiencia ha mostrado que obligaciones de servicio flexibles permiten al operador cumplir con ellas, alcanzar alguna productividad en las áreas rurales y estimular la creación de empleos y el desarrollo de industrias locales; sin embargo, cuando las obligaciones de las licencias están sujetas a cambios frecuentes y el regulador no es independiente o no tiene suficiente autoridad, produce un escenario muy problemático. Una segunda preocupación es la corrupción de la autoridad legal y regulatoria. Las disputas en telecomunicaciones que requieren arbitraje y juicio legal tienen alto impacto en la percepción de los inversionistas, operadores y negocios, lo cual puede dificultar el crecimiento.

Descripción de la tabla general de evaluación

A continuación se presenta la hoja de cálculo general de evaluación aplicable a los escenarios descritos anteriormente, estas hojas tendrán algunas diferencias, aunque en general no habrá grandes cambios. Figura 8.3

Las hojas de cálculo serán modificadas, de acuerdo a la red de acceso en evaluación.

La tabla de evaluación del escenario económico es mostrada a continuación, se describirán sus campos principales y cual sería la mecánica de la evaluación.

1. La primera columna nos indicará la suma total de características que han sido consideradas para la evaluación.
2. Cada renglón de la columna B, C y D tendrá una función lógica que se activará cada vez que se proporcione una respuesta en la columna I, J y K, esto hará que se coloque automáticamente un uno en cada renglón correspondiente.
3. Todos los valores de la columna D se sumarán, en el último renglón, con lo que se obtendrá un total de los puntos considerados en la evaluación.
4. A partir del renglón 23 de la columna E, se enunciarán cada uno de los puntos a evaluar.
5. En H3-H7, se colocarán las opciones de cumplimiento de cada una de las características bajo evaluación.
6. En el renglón de 1 de las columnas G, H, I se colocará la versión HW/SW disponible en el momento del producto y las dos versiones futuras más significativas y que vayan a ser desarrolladas dentro de los siguientes 12 meses. (El desarrollo de cada versión de SW toma aproximadamente 6 meses, en condiciones normales).
7. Al final de la tabla, en las columnas I, J y K se tienen dos tablas.
La primera con los totales de cada una de las columnas para los diferentes tipos de cumplimiento y la segunda con los porcentajes de cumplimiento con respecto al total de puntos evaluados.

Tipos de cumplimiento

Cumple

Se refiere a la especificación, característica, aplicación, feature, protocolo o facilidad que el producto cumple.

Cumple Parcial

Se refiere a la especificación, característica, aplicación, feature, protocolo o facilidad que el producto cumple parcialmente, por lo que se espera que el servicio sea proporcionado, pero no al 100%.

No Cumple

La funcionalidad, protocolo o especificación no esta incluida, y se tiene que desarrollar en la parte de SW, en la parte de HW o en ambas partes. Actualmente cualquier funcionalidad está formada principalmente de SW.

Solucion Opcional

Cuando alguna funcionalidad puede ser reemplazada temporalmente por otra, que puede proporcionar no menos del 80% de la funcionalidad esperada. Usualmente se proporciona un plazo para desarrollar la funcionalidad faltante.

|Posible Candidato |

El posible candidato, es una funcionalidad que falta porque que el proveedor ha considerado desarrollarla en su próxima versión de SW, pero se puede intercambiar por alguna otra funcionalidad que el cliente considere equivalente o cuya implementación se pueda retrasar hasta otra versión de SW posterior.

En Contra

Se refiere a la especificación, característica, aplicación, feature, protocolo o facilidad que el producto tiene y que con solo este hecho produce un efecto adverso en su aceptación por parte del cliente.

8.5 Evaluación de la factibilidad de implementación de la tecnología Wimax en México

Iniciaremos con la aplicación de los datos del operador y del mercado a las diferentes tablas de evaluación así como los resultados económicos del análisis económico seleccionado para complementar este estudio.

8.5.1 Evaluación del escenario económico

A continuación se presentarán los resultados del análisis económico, hecho con una herramienta propietaria. Esta herramienta permite la evaluación técnico-económica y los análisis de la estrategia que combinan los parámetros de alto nivel como densidad de usuarios y penetración de servicio, con parámetros relevantes de bajo nivel, tales como los costos claves de los componentes de la red.

En este caso tomaremos los resultados y los aplicaremos al caso particular en evaluación, que es la factibilidad de la implementación de Wimax en México.

Estos resultados serán introducidos en la hoja de cálculo del escenario económico.

Aplicaremos los métodos de la sección previa para analizar los aspectos económicos de las implementaciones de Wimax para las diferentes clases de escenarios, para tratar de contestar las siguientes preguntas.

El estudio se hizo por un periodo de 5 años (2004-2008). El análisis es realizado para 6 tipos diferentes de escenarios o condiciones de mercado.

- Dos áreas urbanas, una en países avanzados y la otra en países en desarrollo.
- Dos áreas suburbanas, una en países avanzados y la otra en países en desarrollo.
- Dos áreas rurales, una en países avanzados y la otra en países en desarrollo.

Cada uno de los escenarios es caracterizado por sus áreas geográficas y sus densidades de familias.

Los datos usados como base para formar los escenarios son hipotéticos.

Tabla de atributos del escenario (condiciones de mercado)	Area Geográfica $L \times L = A \text{ Km}^2$	Densidad de familias	Número de familias	Numero de centrales telefónicas
Area urbana.país desarrollado	$2 \times 2 = 4$	5000	20000	2
Area urbana.país subdesarrollado	$3.2 \times 3.2 = 10$	2000	20000	2
Area suburbana.país desarrollado	$4 \times 4 = 16$	1000	14000	2
Area suburbana.país subdesarrollado	$5 \times 5 = 25$	500	14000	2
Area rural país desarrollado	$30 \times 30 = 900$	5	5000	16
Area rural país subdesarrollado	$50 \times 50 = 2500$	2	5000	36

Tabla 8.4 Atributos de los escenarios (condiciones del mercado)

Los escenarios fueron contruidos de tal manera que cada uno de ellos tenga el mismo número de usuarios, tomando también en cuenta la evolución de la participación de mercado para cada uno de ellos.

En cada caso el número esperado de usuarios al final del periodo en estudio es aproximadamente de 1500.

Resultados del caso de negocios

El caso de negocios fue analizado para varios escenarios (figuras 8.5-8.10), para áreas urbanas, suburbanas y rurales y desde el punto de vista del operador existente y del operador nuevo.

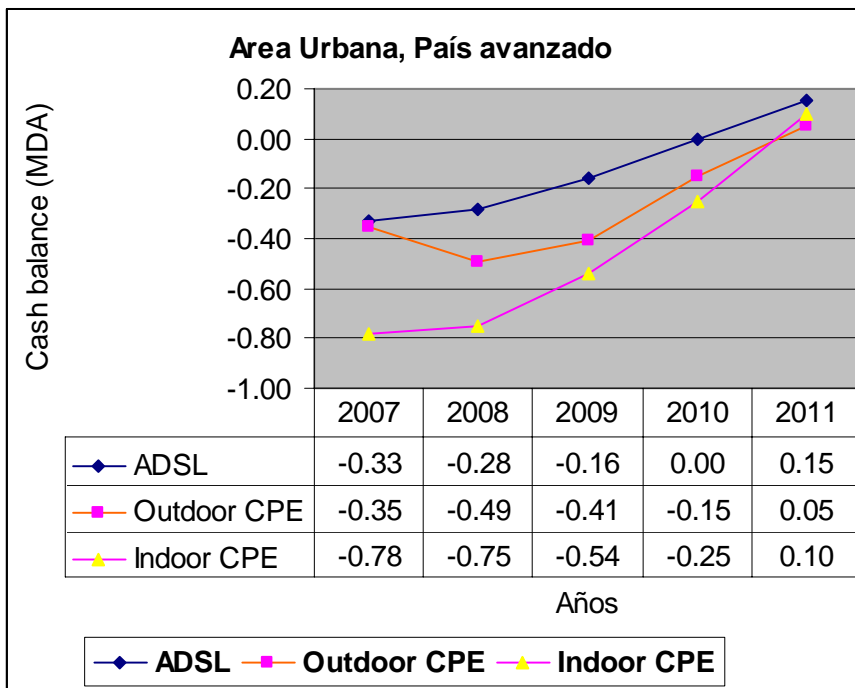


Figura 8.5 Grafica de cash balance, escenario 1

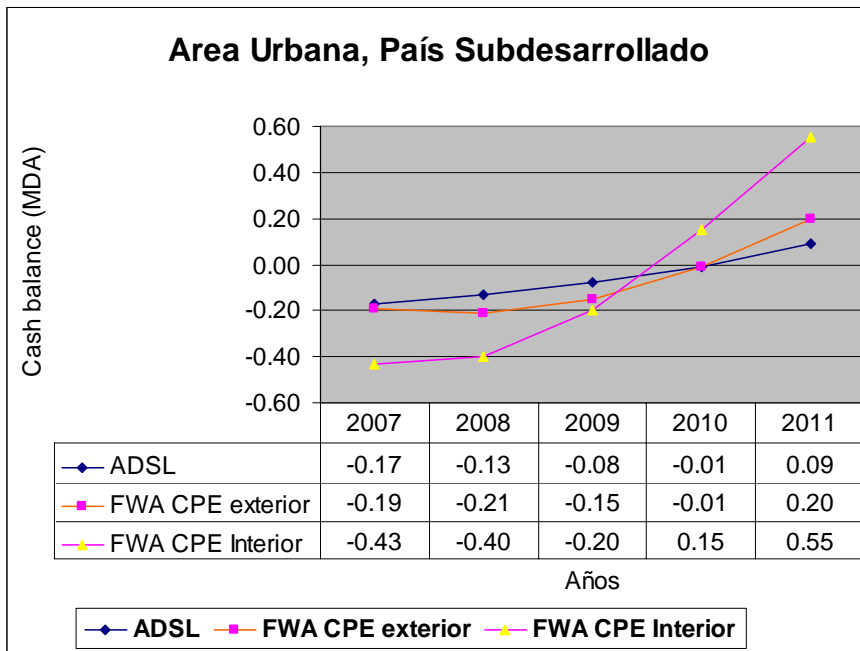


Figura 8.6, Grafica de cash balance, escenario 2

El análisis fue basado en un número de suposiciones tales como, tamaños de celda, implementación de tecnologías competidoras, y densidad de usuarios.

El factor más notable fue el porcentaje de implementaciones de ADSL en el área de servicio de Wimax por lo que el análisis fue hecho para valores diferentes de este factor.

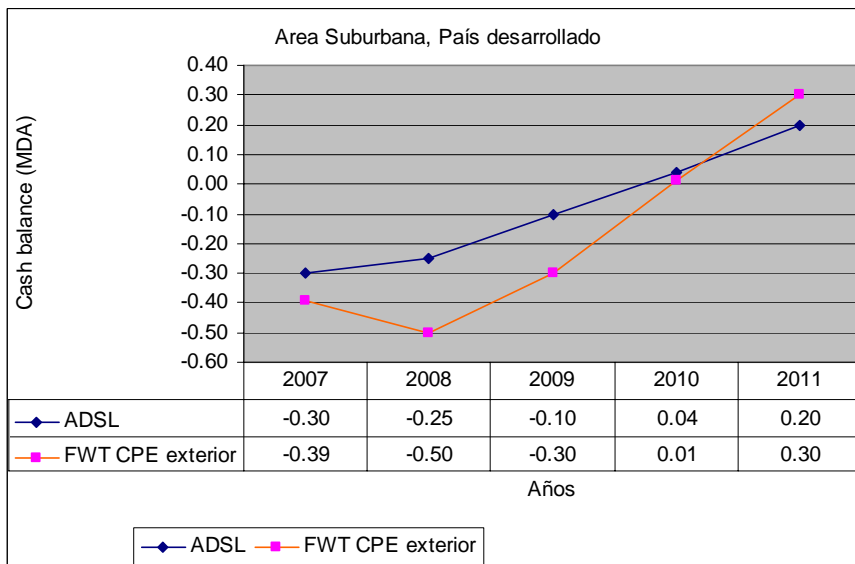


Figura 8.7 Grafica de cash balance, escenario 3

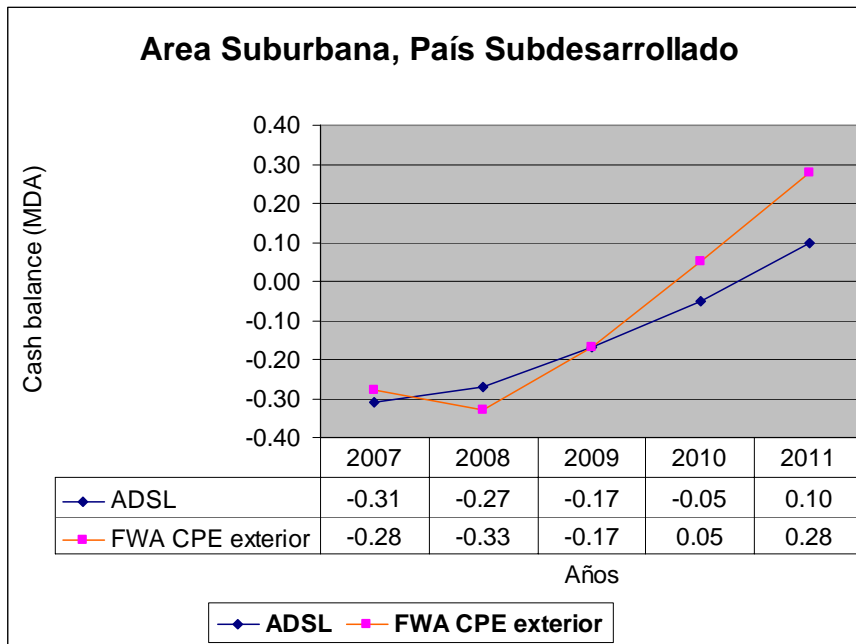


Figura 8.8, Grafica de cash balance, escenario 4

Los resultados son presentados en la matriz siguiente. La matriz muestra la viabilidad de las soluciones de Wimax en los diferentes escenarios considerados en el estudio. El análisis muestra el flujo de caja acumulado para las áreas urbanas y rurales con penetración alta y baja de ADSL.

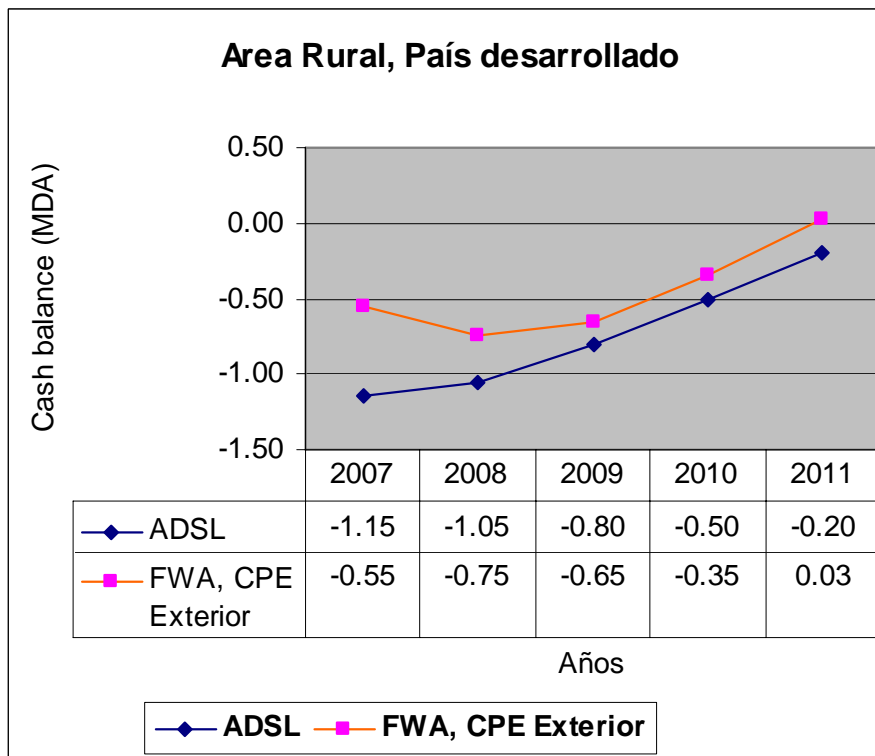


Figura 8.9, Grafica de cash balance, escenario 5

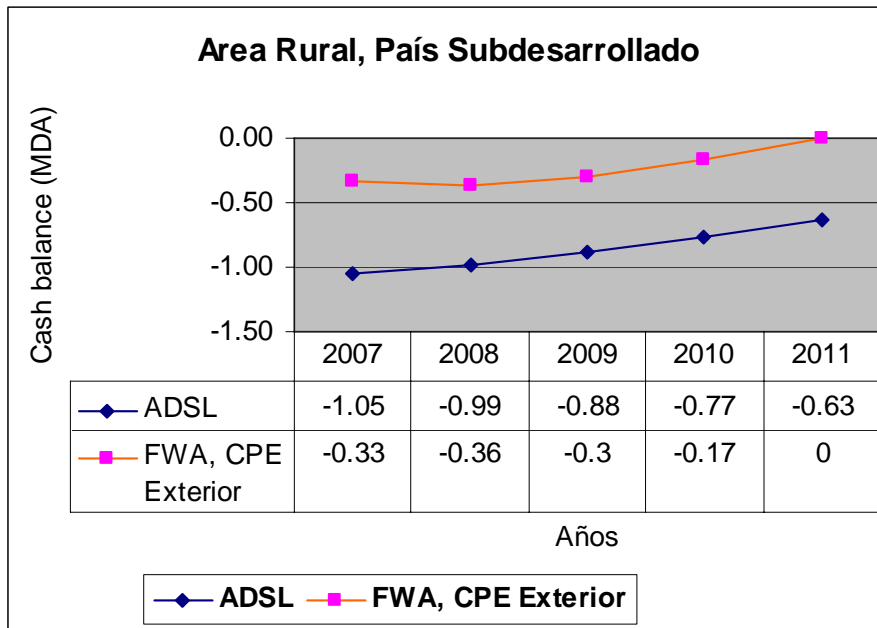


Figura 8.10, Gráfica de cash balance, escenario 6

Wimax no parece ser económicamente viable para proveer acceso de banda ancha a internet a las familias, para los países desarrollados y subdesarrollados en el proyecto de área rural ya que el valor del NPV resultante es negativo. También en este caso, el periodo de retorno de la inversión es más grande que el periodo de estudio de cinco años.

Matriz de oportunidad, Demográfica	Urbano	Suburbano	Rural	Exurbano
Sobre desarrollado	Potencial medio	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición alta	Competición alta	Competición media	Competición baja
Desarrollado	Potencial medio	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición alta	Competición media	Competición baja	Competición baja
Subdesarrollado	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición baja	Competición baja	Competición baja	Competición baja
Menos desarrollado	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición baja	Competición baja	Competición baja	Competición baja

Matriz de oportunidad, por sector	Residencial	Pequeña y mediana Empresa	Empresa	Pública
Sobre desarrollado	Potencial medio	Potencial alto	Potencial medio	Potencial alto
	Competición alta	Competición alta	Competición alta	Competición alta
Desarrollado	Potencial medio	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición alta	Competición alta	Competición alta	Competición alta
Subdesarrollado	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición baja	Competición baja	Competición baja	Competición baja
Menos desarrollado	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto	Potencial alto
	Competición baja	Competición baja	Competición baja	Competición baja

Figura 8.11 Matriz de oportunidad-Demográfica

8.5.2 Evaluación del escenario competitivo

TelDream es un operador que tiene la mayor participación de mercado en México, ellos prácticamente han decidido los estándares, protocolos y especificaciones a utilizar en la red pública. Propietarios de la mayor infraestructura de telefonía local, de larga distancia y de la mayor infraestructura de transmisión, tienen un gran poder de decisión en las tarifas de interconexión.

Su gran infraestructura de líneas físicas de cobre con acceso directo a los abonados residenciales/negocios (16 millones) los coloca en una posición envidiable para poder hacer llegar a estos usuarios servicios inmediatos de xDSL (. Esto lo han aprovechado muy bien, ya que actualmente ya tienen más de dos millones de usuarios con acceso DSL para suministro de servicios de Internet).

Sus principales competidores están tratando de ganar usuarios principalmente por medio de tecnologías inalámbricas, donde TelDream no tiene presencia, esto es en las zonas sub-urbanas de difícil acceso y en las zonas rurales. Hasta ahora Axtel ha sido el más exitoso proporcionando servicios de telefonía y datos, llegando por medio de enlaces satelitales y por medio de tecnologías inalámbricas de última milla.

TelDream con Wimax tiene la gran oportunidad de –competir con los operadores de telefonía fija que se están aprovechando esta debilidad de TelDream de proveer servicios de telefonía a usuarios con problemas de última milla o usuarios donde la infraestructura fija de TelDream aun no ha llegado. Estos operadores están utilizando tecnologías inalámbricas de CDMA con interface V5.2, para proporcionar estos servicios en lugares inaccesibles.

8.5.3 Evaluación del escenario técnico

Tomando como base la información de requerimientos técnicos del operador se genera la tabla de evaluación técnica, la cual considera la información adicional de la red pública y de la infraestructura de los proveedores del operador. Lo más conveniente en estos casos es considerar los requerimientos técnicos del operador dentro de esta tabla, aparte de los requerimientos técnicos de la red pública, de la red del operador y otros.

8.6 Proyecto de implementación la tecnología Wimax en México, en la red del operador de telecomunicaciones fijo, TelDream. Y la factibilidad de una prueba de campo por parte del proveedor.

8.6.1 Introducción

UMTS era la tecnología inicialmente planeada para ser utilizada como caso de estudio para este trabajo, pero debido al gran interés que Wimax ha causado entre los operadores celulares, fijos y de cable (proveedores de servicios de banda ancha), se ha decidido incluirla en este trabajo. Esta nueva tecnología todavía está en etapa de prueba, por lo que hasta ahora solo se han hecho algunas instalaciones en su versión

fija, para redes de servicios. Veremos a través de este análisis, cómo funciona esta tecnología, cómo se desarrollará, qué es lo que controla, qué realmente conseguirá y qué no alcanzará, los tiempos necesarios para su disponibilidad comercial, los obstáculos a vencer para su adopción, los problemas relacionados con la disponibilidad y asignación de espectro y la amenaza de la tercera generación y el 802.11

En esta etapa de desarrollo de las nuevas tecnologías, usualmente los fabricantes de equipo deben iniciar los trabajos de introducción de estos nuevos productos con los operadores. Las grandes preguntas son: ¿Será esta una tecnología aplicable a los operadores existentes? ¿Tendrá sentido la inversión de realizar pruebas en sitio? ¿Está preparado el operador para acceder a esta tecnología? ¿Le servirá en el futuro considerando su actual infraestructura y su migración hacia la tercera generación y hacia la convergencia total?

¿Es factible la introducción de esta nueva tecnología en México y en la red del operador?

Usualmente el operador debe de hacer una análisis de la factibilidad de este nuevo producto en el mercado, por lo esta herramienta le puede dar una referencia de las posibilidades de éxito de la implementación de esta tecnología en el país.

El operador cuenta con información económica, competitiva, técnica, etc., por lo que podrá utilizar esta herramienta para obtener una referencia de las posibilidades de éxito de esta tecnología en el mercado nacional.

Utilizando la información del operador se analizará la posibilidad de éxito de esta tecnología. Se incluye el análisis económico, competitivo, técnico, SWOT y de riesgo.

Considerando la factibilidad de la introducción de Wimax en el mercado mexicano, ¿es viable una prueba de campo (Trial)?

En estos días los ejecutivos de cuenta de las grandes empresas fabricantes enfrentan muchos obstáculos para impulsar la introducción de los nuevos productos en los operadores existentes, ya que esto significa el tener que implementar un sistema de prueba en las instalaciones del cliente y conseguir los recursos técnicos (expertos y especialistas) para efectuar las pruebas de funcionamiento e integración con la red existente y mostrar al cliente los beneficios y ventajas que les puede proporcionar esta nueva tecnología. Estos recursos de HW, SW y personal técnico son bastante escasos y caros, por lo que el ejecutivo debe de asegurar que la aceptación del producto tendrá una muy buena posibilidad de éxito. ¿Como asegurar esto con un buen porcentaje de confiabilidad?

Por supuesto hasta ahora, los ejecutivos de cuenta, soportados por sus grupos de especialistas realizan estudios de casos de negocios, análisis financieros, análisis de estrategia, etc. Pero aún con todo esto, al final de las pruebas se llevan sorpresas

desagradables ya que estos análisis no consideran el estado actual de la red del operador en cuestión, aspectos importantísimos como, compatibilidad, interconexión, integración, etc.

Muchos proyectos se han perdido en el último momento de la negociación debido a estos aspectos no considerados durante la definición del proyecto, causando esto desilusión en el grupo de prueba, pero lo peor dejando una mala imagen con el cliente.

Este análisis estará dirigido principalmente evaluar la viabilidad de invertir en una prueba de campo de Wimax “trial de WIMAX” con un operador que ya tiene infraestructura existente y determinar qué posibilidades de éxito se tienen en la introducción de este nuevo producto a través de este trial.

Hagamos esta evaluación y veamos de acuerdo a los resultados obtenidos, si es correcta la decisión de efectuar esta inversión.

Análisis de la factibilidad de la prueba de campo de Wimax

TelDream es un operador existente que proporciona servicios de telefonía fija y servicios de DSL a nivel nacional. Su participación en el mercado es de 34% en la parte fija, en la parte de DSL, tiene aproximadamente el 70%.

DreamMaker es un proveedor de alta tecnología, pero no tiene presencia o no participa con infraestructura en la red de TelDream, pero si tiene muy buena participación en el suministro de unidades móviles celulares; 30% (MoviDream tiene casi 60 millones de usuarios móviles) a MoviDream, quien es el mayor participante en México en telefonía celular con casi 50 Millones de usuarios móviles a finales del 2006.

DreamMaker es uno de los líderes en el desarrollo de la nueva tecnología de Wimax, y quisiera posicionar este nuevo producto dentro de la red de TelDream y como parte de la estrategia de introducción se ha planeado realizar un “trial” de Wimax; esto es, instalar un equipo de baja capacidad, con todas las funcionalidades disponibles e integrarlo a la red de TelDream y mostrar al cliente la factibilidad de este producto y el cumplimiento de los principales requerimientos de interconexión, interoperabilidad, compatibilidad y sus ventajas sobre las demás soluciones existentes hasta ahora.

TelDream acepta el proyecto de prueba, pero condiciona su aceptación al cumplimiento de los requerimientos técnicos del 100% con su red.

DreamMaker es una empresa extranjera (USA) que aunque tiene una permanencia de muchos años en el mercado local, sus productos son fabricados especialmente para aplicarse en el mercado de origen. Esto le crea una gran desventaja a DreamMaker con sus competidores, que siendo ya proveedores de TelDream, sus productos ya se fabrican específicamente para el mercado local y no tienen problemas de

compatibilidad. DreamMaker se tiene que enfrentar a interfases propietarias de los proveedores existentes (facturación, prepago, O&M, Sistemas de administración, centros de operación, aprovisionamiento, etc.) a especificaciones locales de señalización propias del operador, a las normas o estándares modificados desarrollados por el agente regulador, etc. lo que hace que sus productos no cumplan al 100% con las especificaciones de la red pública existente, del operador y de la infraestructura existente por lo que se tendrá que considerar su adaptación primero al mercado Mexicano después a la red del operador y más tarde a cumplir con las especificaciones propietarias de la infraestructura existente en la red.

Normalmente el proveedor quiere saber qué posibilidades existen de poder cumplir al 100% con las condiciones de TelDream. Hasta ahora ha recurrido a los análisis acostumbrados y los resultados han sido los usuales, o sea excelente posibilidad de tener éxito.

DreamMaker no confía al 100% en estos resultados, ya que en el pasado ha tenido muchas malas experiencias, ya que una vez iniciado el proyecto, se enteran de que no será posible cumplir con la totalidad de requerimientos.

Para evitar esta incertidumbre, se hará un análisis más profundo de la parte técnica, el cual consistirá en analizar cada uno de los requerimientos básicos de la red y con ellos evaluar el producto de tal manera que podamos tener una idea mas clara de cual es el grado de cumplimiento del producto en este momento y cuando se tendría el 100%.

8.6.2 Condiciones de la prueba

La prueba se hará en los laboratorios del TelDream; participarán en esta prueba otros proveedores, de tal manera que DreamMaker tendrá que competir y mostrar mejores resultados que los otros proveedores.

Lucent, Alvarion, LME y Alcatel, están participando en esta prueba. De acuerdo a las últimas informaciones, se ha logrado consolidar una lista donde se marcan las posiciones de los participantes de acuerdo a su avance en el desarrollo de la tecnología.

Alvarion

Lucent

Alcatel

LME

DreamMaker

8.6.3 Alcance de la prueba

TelDream solicita la realización de una prueba de campo bajo las siguientes condiciones:

El proveedor instalará un equipo Wimax que cumpla con el estándar IEEE 802.16 2004 (versión fija), de baja capacidad pero con plena funcionalidad en las

instalaciones de TelDream, el proveedor deberá instalar, interconectar e integrar este equipo dentro de la red de TelDream y deberá en conjunto con el operador de generar un juego de pruebas de aceptación que aseguren la plena funcionalidad del producto y el cumplimiento de las especificaciones principales del estándar y las especificaciones de interconexión, compatibilidad, integración, interoperabilidad de este producto con la red pública y la red de TelDream (ver prepagos, facturación sistemas de aprovisionamiento, sistemas de operación y mantenimiento, etc.), así como con los servicios y aplicaciones inherentes a la tecnología.

Estas pruebas de aceptación serán realizadas en el laboratorio del proveedor donde existen las condiciones de interconexión a la red pública con todas sus variantes de tecnología y proveedores. Además se deberá instalar otro equipo en alguna ciudad donde se encuentren las condiciones adecuadas para la verificación de entre muchas especificaciones del cumplimiento de cobertura, acceso, throughput, RF, backhaul, calidad de servicio utilizando la misma versión de equipo IEEE802.16 2004.

Estrategia del proveedor para realizar la prueba de campo.

La versión fija de Wimax del proveedor de acuerdo al estándar IEEE802.16 2004, no está lista todavía, por lo que el proveedor planea realizar esta prueba de campo con una tecnología similar pero propietaria, el proveedor planea realizar las pruebas de aceptación y en cuanto este listo el producto de acuerdo al estándar reemplazar el equipo propietario por la versión estándar y correr las pruebas faltantes.

Esta tecnología propietaria será evaluada para saber el grado de cumplimiento con las necesidades del proveedor y ver la posibilidad de éxito que el operador tiene de cumplir con las pruebas de aceptación y evitar que el operador se sienta frustrado y no permita continuar al proveedor dentro del proceso de selección.

Utilizando la lista de especificaciones consideradas en la tabla de evaluación técnica, se genera un documento de aceptación de pruebas donde se colocará el resultado de cada prueba.

Una vez que se hayan terminado las pruebas de manera satisfactoria TelDream continuará con su proceso de selección del proveedor, generación de oferta y negociación comercial. Para finalmente seleccionar al proveedor o proveedores para la implementación de una red Wimax a nivel nacional.

Por tanto el principal objetivo de esta prueba de campo es convencer a TelDream que la tecnología de Wimax de DreamMaker cumple con las especificaciones del estándar y con los requerimientos de compatibilidad, interconexión, interoperabilidad con las redes existentes de TelDream.

La inversión en este proyecto de prueba, está definida en tabla 1, donde encontramos un cálculo aproximado de los gastos de las horas de labor del proyecto, de acuerdo al cronograma de actividades mostrado en la figura 2, por lo que este costo será el riesgo económico que se deberá evaluar, antes de ir adelante con este proyecto y por

supuesto el riesgo mayor que es la credibilidad del proveedor con el operador más importante de Latinoamérica.

A continuación se listan los principales insumos por parte del proveedor que serán necesarios para realizar esta prueba.

Equipo

Equipo de Wimax básico HW/SW

Equipo de instalación

Instrumentos de prueba

Servicios

Ingeniería

Montaje

Instalación

Pruebas

Manejo de proyectos

etc.,

8.7 Evaluación de la factibilidad de implementación de la tecnología Wimax en la red de TelDream

Primero evaluaremos la factibilidad de implementación de la tecnología Wimax en la red de TelDream, a través de la aplicación de cada una de las tablas de evaluación del modelo general correspondientes a los siguientes escenarios.

- Evaluación tecnológica
- Evaluación competitiva
- Evaluación Económica
- Evaluación de riesgo
- Evaluación de SWOT

Estas evaluaciones que nos darán un marco de referencia por medio del cual podremos conocer cuales son las posibilidades de éxito de TelDream para introducir esta nueva tecnología en el mercado mexicano.

8.7.1 Resultados de la evaluación de la factibilidad de la implementación de la tecnología Wimax en México, en la red de TelDream

Resultados de la Evaluación competitiva

Resultados de la evaluación Económica

Resultados de la evaluación técnica

Resultados de la evaluación de riesgo

Resultados de la evaluación de SWOT

Tabla de decisión						
Tipo de versión	Versión fija Propietaria		Versión fija		Versión Móvil	
Estándar	IEEE 802.16		IEEE 802.16-2004		IEEE 802.16e	
Evaluación del escenario	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado
Económico	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Competitivo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Técnico	0.30	No Funciona	0.86	Muy Factible	0.98	Excelente
SWOT	#DIV/0!	#DIV/0!	0.83	Factible	0.83	Factible
Riesgo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.81	Muy bajo riesgo	0.81	Muy bajo riesgo

Figura 8.12, Tabla de resultados de evaluación de escenarios

8.7.2 Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la tabla siguiente, podemos ver que el operador tiene muy buenas posibilidades de éxito en la implementación de esta tecnología a nivel nacional.

8.8 Evaluación de la factibilidad de implementación de un trial de tecnología Wimax en la red de TelDream

Una vez conociendo la factibilidad de implementación de esta tecnología en la red del operador, se puede proceder a la evaluación de la factibilidad de la prueba de campo en la red de TelDream. Las conclusiones anteriores nos confirman que la implementación de esta tecnología será exitosa y que el operador tiene razón al solicitar una prueba de campo a los proveedores.

8.8.1 Resultados de la evaluación técnica de la prueba de campo en la red de TelDream

Tabla de decisión						
Tipo de versión	Versión fija Propietaria		Versión fija		Versión Móvil	
Estándar	IEEE 802.16		IEEE 802.16-2004		IEEE 802.16e	
Evaluación del escenario	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado
Económico	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Competitivo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Técnico	0.30	No Funciona	0.86	Muy Factible	0.98	Excelente
SWOT	#DIV/0!	#DIV/0!	0.83	Factible	0.83	Factible
Riesgo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.81	Muy bajo riesgo	0.81	Muy bajo riesgo

Figura 8.12 Tabla de resultados de la evaluación de factibilidad de la prueba de campo

8.8.2 Conclusión

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la tabla siguiente, podemos ver que el proveedor no tiene muy buenas posibilidades de éxito en la implementación de esta prueba de campo.

Tabla de decisión						
Tipo de versión	Versión fija Propietaria		Versión fija		Versión Móvil	
Estándar	IEEE 802.16		IEEE 802.16-2004		IEEE 802.16e	
Evaluación del escenario	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado	% Cumplim.	Resultado
Económico	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Competitivo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.80	Factible	0.80	Factible
Técnico	0.30	No Funciona	0.86	Muy Factible	0.98	Excelente
SWOT	#DIV/0!	#DIV/0!	0.83	Factible	0.83	Factible
Riesgo	#DIV/0!	#DIV/0!	0.81	Muy bajo riesgo	0.81	Muy bajo riesgo

8.9 Decisión final de la factibilidad de la prueba de campo de Wimax en la red de TelDREAM

La prueba de campo es una buena oportunidad para mostrar la capacidad de un nuevo producto, en este caso específico no es aconsejable realizar esta prueba ya que todavía no se tiene el producto final y las pruebas serán realizadas con un aversión preliminar, la cual como podemos ver en la evaluación técnica no tiene un grado de cumplimiento cercano siquiera al 80% mínimo. Esto puede traer consecuencias serias ya que el cliente tratará de comparar las evaluaciones de cada uno de los proveedores y esto puede dejar una impresión muy desfavorable en el área técnica del operador.

Es debido a esto que no se recomienda realizar esta prueba de campo.

La alternativa para tener presencia con el operador es hacer los preparativos de ingeniería, implementación e integración de esta tecnología en la red del operador, con esto tener presencia en el proceso de evaluación y también asegurar que este producto este listo en los próximos 6 meses para realizar entonces la prueba de campo y asegurar con esto el éxito técnico y con esto impulsar la negociación de la parte comercial.

Costo de la prueba de campo

Considerando los siguientes recursos a utilizar durante la prueba de campo:

3 expertos por 17 días

1 gerente de proyecto por 148 días

2 especialistas por 93 días

2 Ing. De campo por 148 días

Costo de Hrs de trabajo de estos recursos es aprox.= 492,894.00 Dólares Americanos

Costo de uso del equipo=150,000.00 Dólares Americanos

Total del proyecto=642,894.00 Dólares Americanos

De acuerdo a los resultados mostrados por en la tabla superior podemos ver que existe una excelente factibilidad para implementar esta tecnología en el país, pero la factibilidad de éxito con la prueba de campo es nula.

Esta herramienta por tanto nos ayuda a obtener un ahorro significativo de recursos y a evitar una mala percepción con el cliente.

A continuación presentaremos las tablas de resultados de esta evaluación, de los diferentes escenarios.

Resultados de la evaluación

Resultados de Evaluación	
Escenario Técnico	
Total PxP	
Total Cumple's	
Total Cumple Parcial	
Total Posible Candidato	
Total Soluciones Opcionales	
Total No Cumple's	
Total de En Contra	
% Cumple's	
%(Cumple's + Parciales)	
%(Cumple's + Parciales + Soluciones Opcionales)	
%(Cumple's + Parciales + Soluciones Opcionales+ Posibles Candidatos)	
% No Cumple's	
%(No cumple+En contra)	
Máximo grado de Cumplimiento	
Máximo Grado de no cumplimiento	

221	221	221
63	186	216
3	5	0
0	0	1
0	0	0
155	30	4
0	0	0
28.51%	84.16%	97.74%
29.86%	86.43%	97.74%
29.86%	86.43%	97.74%
29.86%	86.43%	98.19%
70.14%	13.57%	1.81%
70.14%	13.57%	1.81%
29.86%	86.43%	98.19%
70.14%	13.57%	1.81%

Escenario Técnico	
Objetivo 1 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	
La factibilidad técnica de implementar esta tecnología es muy buena para los productos que cumplan al menos con el 85% de los requerimientos aquí listados, siempre y cuando el proveedor se comprometa a tener disponible el 15% restante en no más de 6 meses. Para este caso el operador desea el lanzamiento comercial de los servicios fijos en Diciembre del 2007, por lo que la tecnología deberá estar lista en Junio del 2007	
Objetivo 2 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	
Los resultados obtenidos son menores al 80%, por lo que no es factible realizar esta prueba.	

Resultados de Evaluación	
Escenario Económico	
Total PxP	
Total (Si)	
Total NPV Positivos	
Total (Payback en Tiempo)	
Total de (No Aplica)	
Total de (No)	
% Si	
%(Si + NPV>0)	
%(Si+NPV>0+Payback en Tiempo+No aplica)	
%(NPV<0)	
%(No)	
%(No+NPV<0)	
Máximo grado de Cumplimiento	
Máximo Grado de no cumplimiento	

0	30	30
0	10	10
0	4	4
0	5	5
0	5	5
0	6	6
#DIV/0!	33.33%	33.33%
#DIV/0!	46.67%	46.67%
#DIV/0!	80.00%	80.00%
#DIV/0!	0.00%	0.00%
#DIV/0!	20.00%	20.00%
#DIV/0!	20.00%	20.00%
#DIV/0!	80.00%	80.00%
#DIV/0!	20.00%	20.00%

Escenario Económico	
Objetivo 1 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	
De acuerdo a estos resultados, la factibilidad económica es buena para los mercados sub-urbanos y rurales, que es donde el operador no tiene servicios de DSL, ni servicios de línea física, en estos mercados es donde este operador esta siendo atacado por la competencia. De tal manera que esta solución le permitirá proporcionar servicios de inmediato en estos mercados, incrementar su base de usuarios y detener el crecimiento de sus competidores. Los índices NPV positivos indican la factibilidad económica de la implementación en estos mercados específicos, el payback se cumple en el periodo establecido, el resultado de la evaluación es > 80%, por tanto es factible económicamente para el operador la implementación de Wimax.	
Objetivo 2 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	
La factibilidad económica de realizar una prueba de campo con tecnología propietaria, se podría ver como el pago de no tener a tiempo el producto de acuerdo al estándar, es peligroso hacerlo de esta manera ya que los competidores que están realizando las mismas pruebas, podrán ridiculizar los resultados de las pruebas, y si ellos ya tienen su producto de acuerdo al estándar pueden tomar una gran ventaja de percepción con la parte técnica. No se recomienda realizar este trial para el operador, ya que sería una pérdida de tiempo de los recursos asignados a estas pruebas. Ni para el proveedor que perdería la inversión. Sería mejor realizar las preparaciones técnicas y diseño de ingeniería de tal manera de estar preparados para cuando el producto de acuerdo al estándar este disponible. La inversión en este trial será una pérdida. La calificación de cumplimiento < al 80% lo indica claramente. No aplica, debido a que no paso favorablemente la evaluación técnica	

Resultados de Evaluación	
Escenario Competitivo	
Total PxP	
Total (Si)	
Total (A favor)	
Total (En contra)	
Total de (No Aplica)	
Total de (No)	
Total (Posiblemente)	
% Si	
%(Si + A favor)	
%(Si+A favor+No aplica+Posiblemente)	
%(Posiblemente)	
%(No+Posiblemente+En contra)	
%(No)	
%(En contra)	
Máximo grado de Cumplimiento	
Máximo Grado de no cumplimiento	

0	51	51
0	29	29
0	12	12
0	6	6
0	0	0
0	3	3
0	1	1
#DIV/0!	56.86%	56.86%
#DIV/0!	80.39%	80.39%
#DIV/0!	80.39%	80.39%
#DIV/0!	1.96%	1.96%
#DIV/0!	19.61%	19.61%
#DIV/0!	5.88%	5.88%
#DIV/0!	11.76%	11.76%
#DIV/0!	80.39%	80.39%
#DIV/0!	19.61%	19.61%

Escenario Competitivo	
Objetivo 1 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	
Con un porcentaje de más del 60% de ventaja competitiva, muestra claramente un escenario competitivo a favor del operador, totalmente dominante en los servicios de telefonía fija básica, totalmente dominante en los servicios DSL a través de las líneas físicas existentes, con un potencial de 16 millones de líneas disponibles para satisfacer la demanda futura de banda ancha. Con la mayor infraestructura de telefonía y de transmisión a nivel nacional y con la infraestructura del operador malámbro también con presencia a nivel nacional, esto coloca a este operador en una posición de gran ventaja con respecto a la competencia, para ofrecer una solución nueva, para satisfacer la demanda urbana y suburbana no satisfecha debido a falta de servicios de última milla y obstáculos por terreno inaccesible, además de dirigir todo este potencial hacia las zonas sub-urbanas y rurales todavía sin servicio telefónico, hacen que esta tecnología sea de un gran potencial económico para el operador.	
Objetivo 2 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	
No aplica, debido a que no paso favorablemente la evaluación técnica	

Resultados de Evaluación	
SWOT	
Total PxP	
Total (Fortalezas)	
Total (Oportunidades)	
Total (Debilidades)	
Total (Amenazas)	
Total (en contra)	
% Fortalezas	
%(Oportunidades)	
%(Fortalezas + Oportunidades+debilidades)	
%(Debilidades)	
%(Amenazas)	
%(Amenazas+Debilidades)	
Máximo grado de Cumplimiento	
Máximo Grado de no cumplimiento	

0	23	23
0	4	4
0	7	7
0	8	8
0	4	4
0	0	0
#DIV/0!	17.39%	17.39%
#DIV/0!	30.43%	30.43%
#DIV/0!	82.61%	82.61%
#DIV/0!	34.78%	34.78%
#DIV/0!	17.39%	17.39%
#DIV/0!	52.17%	52.17%
#DIV/0!	82.61%	82.61%
#DIV/0!	17.39%	17.39%

SWOT	
Objetivo 1 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	
Objetivo 2 de la Evaluación	
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	
No aplica, ya que no paso la evaluación de la parte técnica	

Resultados de Evaluación	
Riesgo	
Total PXP	
Total (Si)	
Total (A favor)	
Total (No aplica)	
Total (No)	
Total de en contra	
% Si	
% (Si + A favor)	
% (Si + A favor + No aplica)	
% No	
% En contra	
% No Cumple+s+ En contra	
Máximo grado de Cumplimiento	
Máximo Grado de no cumplimiento	

Riesgo		
Objetivo 1 de la Evaluación		
0	16	16
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red		
0	2	2
0	11	11
0	0	0
0	0	0
0	3	3
Objetivo 2 de la Evaluación		
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador		
#DIV/0!	12.50%	12.50%
#DIV/0!	81.25%	81.25%
#DIV/0!	81.25%	81.25%
#DIV/0!	0.00%	0.00%
#DIV/0!	18.75%	18.75%
#DIV/0!	18.75%	18.75%
#DIV/0!	0.81	0.81
#DIV/0!	0.19	0.19

Identificación de la Red

Identificación de la red existente del operador		
Tecnología a evaluar	Wimax	
Proveedor	DreamMaker DM	
Descripción Técnica de la tecnología	Red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	
Operador	TelDream, TD	
Tipo de versión	Versión fija	
Estándar	IEEE 802.16-2004	
Estatus del estándar	Certif. aprobada	
Disponibilidad del producto para uso comercial	Ver. comerc. Ene. 2007	
Fecha Inicio de pruebas	Julio 2006	
Fecha de finaliz. de pruebas	Dic. 2006	
Fecha de servicio comercial del operador	Dic. 2007	
Tipo de versión	Versión Móvil	
Estándar	IEEE 802.16e	
Status del estándar	Certif. Pendiente (Dic. 2006)	
Disponibilidad del producto para uso comercial	Ver. comerc. Dic. 2007	
Fecha inicio de pruebas	Julio 2008	
Fecha de finaliz. de pruebas	Diciembre 2008	
Fecha de servicio comercial del operador	Diciembre 2008	
Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	
Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador
Tipo de versión	Versión fija Propietaria	
Estándar	IEEE 802.16	
Certificación	Certif. no aprobada	
Disponibilidad del producto para uso comercial	No uso Comerc.	
Fecha inicio de pruebas	Julio 2006	
Fecha de finaliz. de pruebas	Diciembre 2006	
Fecha de servicio comercial del operador	No Serv. Comerc.	
Tipo de Evaluación	Escenario Competitivo	
	Escenario Económico	
	Escenario Técnico	
Resultados de Evaluación	Escenario Competitivo	
	Escenario Económico	
	Escenario Técnico	
	SWOT	
	Riesgo	

Tipo de solicitud	RFP		
Solicitud de Información	RFI		
Solicitud de cotización	RFQ		
Solicitud de propuesta	RFP		
Propuesta no solicitada	URFP		
Prueba de campo	Trial		
Competidores Operador			
Competidor 1			
Competidor 2			
Competidor 3			
Competidor 4			
Competidores del Proveedor bajo evaluación			
Proveedor 1			
Proveedor 2			
Proveedor 3			
Proveedor 4			
Participación de mercado %	Participación por operador en Telmex %		
34	Alcatel	Lucent	Huaweei
	30	20	2
80	50	50	0
Operador	Telmex		
Operador			
Red de Acceso	Fija		
Tipo de acceso	Wireline		
DSL	Líneas físicas		

Red	Proveedor de tecnología	
Fija	Fija	LME
		Alcatel
		Huaweei
		Lucent
Red de acceso	Tipo	
Alámbricas		
	Cobre	
	F.O.	
Inalámbricas		
	Radios Punto-multipunto	
	Satelital	
	Nodo de acceso multiservicio	
	Redes de Acceso empresariales	

Red de procesamiento		
VoIP	Para el tráfico de LD	
Red inteligente Avanzada		
Red avanzada de Señalización, telmex	Utilizando tecnología IP	
Red de Transporte		
De tecnología SDH	Servicios Ethernet para acceso y transporte de aplicaciones basadas en IP	
De banda ancha (urbanas) para aplicaciones de multimedia		
De Fibra óptica, 89,600 KM de cable de fibra,	Capacidades de 960 Gbps (11.6 millones de líneas equivalentes de 64 kbps simultaneas) por par de fibra óptica instalada en la red de larga distancia	960 Gbps/par de fibras ópticas
De IP MPLS (Multiprotocol Label Switching)	Servicios de datos avanzados, red de transporte de capa 3, para aplicaciones de IP	
De DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)	Permite la escalabilidad necesaria para demandas de servicio con requerimientos grandes de banda ancha	
Cobertura de servicios	No. de comunidades, 90% de la población	22, 164
Servicios de telefonía rural	poblaciones	10,912.00
Servicios voz e internet e-México	poblaciones	3,821.00
Teléfonos públicos		805,000.00
Tráfico	Participación en el mercado	34%
Trafico local	Millones de llamadas	26,680,000
Trafico L.D. nacional	Millones de minutos	17,853,000
Tráfico de L.D. internacional	Millones de minutos	131,000,000
Servicios de voz		
Líneas	No. de líneas	18.375,000.00
	Prepagadas	10.10%
	Teléfonos públicos	4.40%
	De renta básica	39.70%
Servicios de Internet y datos	Líneas instaladas que cuentan con disponibilidad inmediata de banda ancha	0.92%
Cuentas de acceso a internet Banda ancha, por marcado		1,033 000
Cuentas de acceso a internet Banda ancha		1,083,000
Líneas equivalente de 64 kbps		2,011.00

Volúmenes de voz y datos		
Voz,		221Mbps
Datos	Confirma el nivel de digitalización	651 Mbps
Precios		
Precio promedio por renta de línea		\$150.3 pesos
Precio promedio por llamada servicio medido		\$1.34 pesos
Larga distancia nacional		\$1.01 pesos/ minuto
Larga distancia internacional		\$3.35 pesos/Minuto
Internet de banda ancha/marcación		\$349.00 pesos/512 mbps
EBITDA		73,110,000
Margen		44.90%

Tecnología a evaluar	Wimax	Red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	Grado de Cumplimiento	Tipo de versión	Tipo de versión	Tipo de versión	Comentario	
Proveedor	DreamMaker DM	Objetivo 1 de la Evaluación	Si	Versión fija Proprietaria	Versión fija	Versión Móvil		
Operador	TelDreem, TD	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	NPV Positivo	IEEE 802.16	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e		
Tipo de solicitud	RFP		No	Certif. no aprobada	Certif. aprobada	Certif. Pendiente (Dic. 2006)		
		Objetivo 2 de la Evaluación	Payback en Tiempo	No Serv. Comerc.	Ver. comerc. Ene. 2007	Ver. comerc. Dic. 2007		
		Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	No aplica					
			NPV Negativo					
Tipo de Evaluación			Escenario Económico	Título				
1	1	1	1	Cumple con el índice NPV		Si	Si	
1	1	1	2	Es Wimax una amenaza para los operadores establecidos		Si	Si	
1	1	1	3	Es Wimax una posibilidad para los operadores establecidos		Si	Si	
1	1	1	4	Puede Wimax ser la tecnología elegida por los nuevos participantes del mercado		Si	Si	
1	1	1	5	Puede Wimax competir con DSL		Si	Si	
1	1	1	6	Puede Wimax proveer servicios de banda ancha a precios mas económicos que la tecnología DSL, ADSL		No	No	No, os precios actuales de DSL en México, son menores que los planeados de DSL, estos han ido a la baja
1	1	1	7	Puede Wimax ofrecer sus servicios en paquete con los servicios fijos		Si	Si	
1	1	1	8	Serán los precios de infraestructura de Wimax en el futuro menores que los de DSL		No	No	
1	1	1	9	Las tarifas de los proveedores de servicios de Wimax son comparables o mas bajos que los proveedores de servicios de DSL		No	No	
1	1	1	10	El proveedor de servicios de Wimax puede ofrecer una más amplia variedad de servicios, que los proveedores de DSL		No	No	
1	1	1	11	El proyecto Area urbana en un país desarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		NPV Positivo	NPV Positivo	Tiene viabilidad este proyecto
1	1	1	12	El proyecto Area urbana en un país subdesarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		NPV Positivo	NPV Positivo	
1	1	1	13	El proyecto Area suburbana en un país desarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		NPV Positivo	NPV Positivo	
1	1	1	14	El proyecto Area suburbana en un país subdesarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		NPV Positivo	NPV Positivo	
1	1	1	15	El proyecto área rural en un país desarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		No aplica	No aplica	
1	1	1	16	El proyecto Area rural en país subdesarrollado, para suministrar Internet a familias es económicamente factible?, NPV>0		No aplica	No aplica	
1	1	1	17	Es competitivo Wimax con DSL en el proyecto de área urbana, país desarrollado		No aplica	No aplica	
1	1	1	18	Es competitivo Wimax con DEL en el proyecto de área urbana, país subdesarrollado		No	No	
1	1	1	19	Es competitivo Wimax con DEL en el proyecto de área suburbana, país desarrollado		Si	Si	
1	1	1	20	Es competitivo Wimax con DEL en el proyecto de área suburbana, país subdesarrollado		Si	Si	
1	1	1	21	Es competitivo Wimax con DSL en el proyecto de área rural, país desarrollado		Si	Si	
1	1	1	22	Es competitivo Wimax con DSL en el proyecto de área rural, país subdesarrollado		Si	Si	
1	1	1	23	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto Urbano, país desarrollado		Payback en Tiempo	Payback en Tiempo	
1	1	1	24	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto Urbano, país desarrollado		Payback en Tiempo	Payback en Tiempo	
1	1	1	25	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto Urbano, país subdesarrollado		Payback en Tiempo	Payback en Tiempo	
1	1	1	26	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto suburbano, país desarrollado		Payback en Tiempo	Payback en Tiempo	
1	1	1	27	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto suburbano, país subdesarrollado		Payback en Tiempo	Payback en Tiempo	
1	1	1	28	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto rural, país desarrollado		No aplica	No aplica	
1	1	1	29	El periodo de pago (payback) de la inversión cumple con el periodo de tiempo esperado, proyecto rural, país subdesarrollado		No aplica	No aplica	
1	1	1	30	Es posible manejar volumen de inmediato		No	No	El column será manejado cuando se tenga disponible la portatilidad y la movilidad. La versión de SW será liberada hasta finales de 2006, después de esto tiene que ser certificada por el Forum, para mas tarde los proveedores ser certificados
0	30	30		Total PxP	0	30	30	

Total (Si)	0	10	10
Total NPV Positivos	0	4	4
Total (Payback en Tiempo)	0	5	5
Total de (No Aplica)	0	5	5
Total de (No)	0	6	6
Total de NPV Negativos	0	0	0
Total de payback No en tiempo	0	0	0
	0	30	30

% Si	#DIV/0!	33.33%	33.33%
%(Si + NPV>0)	#DIV/0!	46.67%	46.67%
%(Si+NPV>0+Payback en Tiempo+No)	#DIV/0!	80.00%	80.00%
%(NPV<0)	#DIV/0!	0.00%	0.00%
%(No)	#DIV/0!	20.00%	20.00%
%(No+NPV<0)	#DIV/0!	20.00%	20.00%

Conclusiones

Escenario Económico

Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	De acuerdo a estos resultados, la factibilidad económica es buena para los mercados sub-urbanos y rurales, que es donde el operador no tiene servicios de DSL ni servicios de línea física, en estos mercados es donde este operador esta siendo atacado por la competencia. De tal manera que esta solución le permitirá proporcionar servicios de inmediato en estos mercados, incrementar su base de usuarios y detener el crecimiento de sus competidores. Los índices NPV positivos indican la factibilidad económica de la implementación en estos mercados específicos, el payback se cumple en el periodo establecido, el resultado de la evaluación es > 80%, por tanto es factible económicamente para el operador la implementación de Wimax.
------------------------------------	--	--

Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	La factibilidad económica de realizar una prueba de campo con tecnología propietaria, se podría ver como el pago de no tener a tiempo el producto de acuerdo al estándar, es peligroso hacerlo de esta manera ya que los competidores que están realizando las mismas pruebas, podrán ridiculizar los resultados de las pruebas, y si ellos ya tienen su producto de acuerdo al estándar pueden tomar una gran ventaja de percepción con la parte técnica. No se recomienda realizar este trial para el operador, ya que sería una pérdida de tiempo de los recursos asignados a estas pruebas. Ni para el proveedor que perdería la inversión. Sería mejor realizar las preparaciones técnicas y diseño de ingeniería de tal manera de estar preparados para cuando el producto de acuerdo al estándar este disponible. La inversión en este trial será una pérdida. La calificación de cumplimiento < al 80% lo indica claramente. No aplica, debido a que no paso favorablemente la evaluación técnica
------------------------------------	---	---

Evaluación competitiva

Tecnología a evaluar	Wimax	Red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	Grado de Cumplimiento	Tipo de versión	Tipo de versión	Tipo de versión	Comentario
Proveedor	DreamMaker DM	Objetivo 1 de la Evaluación	Si	Versión fija Propietaria	Versión fija	Versión Móvil	
Operador	TelDream, TD	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	No	IEEE 802.16	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e	
Tipo de solicitud	RFP		A favor	Certif. no aprobada	Certif. aprobada	Certif. Pendiente (Dic. 2006)	
		Objetivo 2 de la Evaluación	Posiblemente	No Serv. Comerc.	Ver. comerc. Ene. 2007	Ver. comerc. Dic. 2007	
		Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	En contra				
			No aplica				
Tipo de Evaluación			Escenario Competitivo			Título	
Servicios de telefonía básica							
1	1	1	1			Si	Si
1	1	1	2			Si	Si
1	1	1	2			Si	Si
1	1	1	2			En contra	En contra
1	1	1	2			A favor	A favor
1	1	1	2			A favor	A favor
Servicios de banda ancha							
1	1	2	1			A favor	A favor
1	1	2	2			A favor	A favor
1	1	2	3			En contra	En contra
1	1	2	4			En contra	En contra
1	1	2	5			A favor	A favor
1	1	2	6			A favor	A favor
1	1	2	7			En contra	En contra
1	1	2	8			En contra	En contra
Convergencia							
1	1	3	1			Si	Si
1	1	3	2			Si	Si
1	1	3	3			Si	Si
1	1	3	4				
1	1	3	5			Si	Si
1	1	3	6			Si	Si
1	1	3	7			No	No
Red de transporte							
1	1	4	1			Si	Si
1	1	4	2			Si	Si
1	1	4	3			Si	Si
1	1	4	4			Si	Si

Cumplimiento de las especificaciones básicas de interconexión a la red pública							
1	1	5	1	Los operadores de la competencia tienen que adaptar sus redes a la red del operador, para cumplir los requerimientos de interoperabilidad, interconexión, etc.	A favor	A favor	
1	1	5	2	El proveedor no tiene que hacer inversiones adicionales para cumplir con los estándares de la red pública	A favor	A favor	Tiene viabilidad este proyecto
1	1	5	3	Señalización por canal común C7, ISUP Blue Book, R2 Modificado, etc.	Si	Si	
1	1	5	4	SDH	Si	Si	
1	1	5	5	PDH (E1)	Si	Si	
1	1	5	6	Modo de propagación en fibra óptica, monomodo	Si	Si	
1	1	5	7	Interface V5.2 (telefonía básica red de acceso)	Si	Si	
1	1	5	8	MPLS	Si	Si	
1	1	5	9	Red avanzada de señalización C7/IP	Si	Si	
Migración de servicios DSL y Rurales a la nueva tecnología							
1	1	6	1	El proveedor puede migrar sus servicios actuales de DSL y rurales (CDMA, V5.2) a la nueva tecnología	Si	Si	
1	1	6	2	La nueva tecnología, llenara los huecos de demanda dejadas por las tecnologías actuales (Línea física, DSL, Cable) debido a problemas de acceso última milla.	Si	Si	
Migración de Servicios de cable a la nueva tecnología							
1	1	7	1	El operador podrá competir con los cableros proporcionando servicios de video	Posiblemente	Posiblemente	
1	1	7	2	la nueva tecnología, llenara los huecos de demanda dejadas por las tecnologías actuales (DSL, Cable)	Si	Si	
1	1	7	2	Migración de los servicios de telefonía celular a la nueva tecnología	No	No	
1	1	7	3	Los servicio móviles de voz de la nueva tecnología pueden reemplazar los servicios celulares, al mismo nivel de funcionamiento	No	No	
1	1	7	3	Los servicio móviles de la nueva tecnología pueden proporcionar mayor tasa de datos que la tecnología DSL	Si	Si	
1	1	7	4	Los servicios de esta nueva tecnología podrán reemplazar los servicios de video proporcionados por los cableros	Si	Si	
Regulador y Normas							
1	1	8	1	El operador tiene una fuerte influencia entre los miembros de la agencia reguladora	A favor	A favor	
1	1	8	2	la agencia reguladora es débil y sus decisiones son muy cuestionadas	A favor	A favor	
1	1	8	2	El operador es propietario de la banda licenciada de 3.5 GHz	Si	Si	
1	1	8	3	la banda de 3.5 Ghz permite mayor capacidad de penetración y por tanto facilitará la implementación de movilidad	Si	Si	
1	1	8	3	la infraestructura existente a nivel nacional de sitios celulares, concentradores remotos, centrales telefónicas físicas etc., le proporcionan una de las mas fuertes ventajas con respecto a sus competidores	Si	Si	
1	1	8	4	las propiedades del operador a nivel continental le permitirán tener una gran posición de negociación frente a los proveedores de esta nueva tecnología.	Si	Si	
1	1	8	4	Para que los operadores de la competencia puedan competir con el operador, deberán prácticamente seguir las decisiones tecnológicas del operador	A favor	A favor	
1	1	8	5	Los chips para los dispositivos móviles de esta tecnología estarán listos para principios de 2007, esto querré decir que esta nueva tecnología en su versión móvil, estará lista para fin de 2007, pero los dispositivos móviles estarán para finales de 2008 en su versión comercial	En contra	En contra	
1	1			Infraestructura celular del hermano tecnológico a disposición del operador	Si	Si	
1	1			El operador puede ofrecer paquetes de servicios de telefonía básica, Móvil, transporte y servicios de esta nueva tecnología	A favor	A favor	

0 51 51

Total PxP	0	51	51
------------------	----------	-----------	-----------

Total (Si)	0	29	29
Total (A favor)	0	12	12
Total (En contra)	0	6	6
Total de (No Aplica)	0	0	0
Total de (No)	0	3	3
Total (Posiblemente)	0	1	1
	0	51	51

% Si	#DIV/0!	56.86%	56.86%
%(Si + A favor)	#DIV/0!	80.39%	80.39%
%(Si+A favor+No aplica+Posiblemente)	#DIV/0!	80.39%	80.39%
%(En Contra)	#DIV/0!	11.76%	11.76%
%(Posiblemente)	#DIV/0!	1.96%	1.96%
%(No+Posiblemente+En contra)	#DIV/0!	19.61%	19.61%
%(No)	#DIV/0!	5.88%	5.88%

Escenario Competitivo		
Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	Con un porcentaje de más del 60% de ventaja competitiva, muestra claramente un escenario competitivo a favor del operador, totalmente dominante en los servicios de telefonía fija básica, totalmente dominante en los servicios DSL a través de las líneas físicas existentes, con un potencial de 16 millones de líneas disponibles para satisfacer la demanda futura de banda ancha. Con la mayor infraestructura de telefonía y de transmisión a nivel nacional y con la infraestructura del operador inalámbrico también con presencia a nivel nacional, esto coloca a este operador en una posición de gran ventaja con respecto a la competencia, para ofrecer una solución nueva, para satisfacer la demanda urbana y suburbana no satisfecha debido a falta de servicios de última milla y obstáculos por terreno inaccesible, además de dirigir todo este potencial hacia las zonas sub-urbanas y rurales todavía sin servicio telefónico, hacen que esta tecnología sea de un gran potencial económico para el operador.
Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	No aplica, debido a que no paso favorablemente la evaluación técnica

Evaluación Técnica

Tecnología a evaluar	Wimax	Red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	Grado de cumplimiento	Tipo de versión	Wimax	Tipo de versión	Comentario	
Proveedor	DreamMaker DM	Objetivo 1 de la Evaluación	Cumple	Versión fija Proprietaria	Versión fija	Versión Móvil		
Operador	TelDreem, TD	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	Cumple Parcial	IEEE 802.16	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e		
Tipo de solicitud	RFP		No Cumple	Certif. no aprobada	Certif. aprobada	Certif. Pendiente (Dic. 2006)		
Objetivo 2 de la Evaluación			Solucion Opcional	No Serv. Comere.	Ver. comere. Ene. 2007	Ver. comere. Dic. 2007		
Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador			Posible Candidato					
			En Contra					
Tipo de Evaluación			Escenario Técnico					
Estado actual de la red y objetivo			Red Telefónica fija de Teldream, con mas de 18 Millones de usuarios residenciales de los cuales un 20% tienen servicio de banda ancha, utilizando tecnología de cable o par trenzado via DSL. Actualmente los mayores problemas que se tienen son para cubrir lugares de difícil acceso, para satisfacer las necesidades de comunicación de las áreas rurales, para disminuir los altos costos de última milla para banda ancha utilizando cable o par trenzado.					
1 WIMAX			Título					
1	1	1	1	1	Disponibilidad Acceso Inalámbrico fijo 802.16 2004	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	1	2	Disponibilidad de Acceso inalámbrico móvil, 2007	No Cumple	No Cumple	Cumple
1	1	1	1	3	Acceso a Banda Ancha a Internet.	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	1	4	Acceso en cualquier parte	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	1	5	Acceso a cualquier hora	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	1	6	Acceso Residencial Económico	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	1	7	Acceso Empresarial Económico	Cumple	Cumple	Cumple
2 Solución Alternativa para Tecnologías Alámbricas			Título					
1	1	1	2	1	Solución alternativa para Servicios de cable-modem	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	2	Solución alternativa para servicios de DSL.	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	3	Solución alternativa para servicios de T1/E1	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	4	Solución alternativa para servicios de backhaul	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	5	Solución alternativa para áreas alámbricas de difícil acceso	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	6	Rango de cobertura no menor que 40 km	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	7	Soporta una capacidad de datos de 75 Mbps	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	8	Escalable	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	9	Distribución flexible de los recursos de radio	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	10	Throughput alto	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	11	Ancho de banda con licencia 10-66 GHz	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	12	Ancho de banda con licencia y no licenciada 2-11 GHz	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	13	MAC, Múltiple capa física, con capacidad de soportar las diferentes frecuencias en uso	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	14	Capacidad de 40 Mb por canal inalámbrico, para versión fija y móvil	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	15	Soporta servicios de Video	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	16	Soporta Servicios de VoIP	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	17	Soporta servicios de datos de internet, conectividad IP	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	2	18	Soporta servicios de tecnología TDM para voz y datos	Cumple	Cumple	Cumple
3 Interoperabilidad de WIMAX con otros Sistemas Inalámbricos			Título					
1	1	1	3	1	Interoperabilidad del estándar 802.16a-d (Fijo) con otros sistemas inalámbricos	No Cumple	No Cumple	No Cumple
1	1	1	3	2	Interoperabilidad con 802.16e (móvil) con otros sistemas inalámbricos	No Cumple	No Cumple	No Cumple
4 Principales aplicaciones de Wimax			Título					
1	1	1	4	1	Acceso inalámbrico de banda ancha a edificios	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	2	Servicio rural	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	3	Backhaul para Hot spots de internet	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	4	Conectividad de banda ancha para los dispositivos móviles 15 Mbps, dentro de 3 km cobertura	No Cumple	No Cumple	Cumple
1	1	1	4	5	Acceso de PC's y otro equipo de usuario a Wimax (desarrollo de Wimax chips) 2006-2007	No Cumple	No Cumple	Cumple
1	1	1	4	6	Acceso de PDA's y teléfonos móviles a Wimax (Wimax chips)	No Cumple	No Cumple	Cumple
1	1	1	4	7	Acceso de banda ancha a servicios de internet para negocios, a bajo costo	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	8	Acceso residencial de banda ancha a los servicios de internet, a bajo costo	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	9	Soporta la versión Wimax Nomadica	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	10	Velocidades de transferencia de datos compartidos desde la radiobase desde 75 Mbps	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	11	Cobertura de acceso de hasta 30 millas (WiFi, 100 mts)	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	12	Acceso de banda ancha sin requerir conexión de última milla (usuario final-proveedor de servicios)	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	13	Servicio residencial, velocidad de datos de 300 Kbps	No Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	4	14	Servicio de negocios, velocidad de datos de 2 Mbps	Cumple	No Cumple	No Cumple
5 Features adicionales de Wimax vs. otras tecnologías			Título					
1	1	1	5	1	Wimax proporciona mayor escalabilidad que WiFi	Cumple	Cumple	Cumple
1	1	1	5	2	Costo de las Aplicaciones de datos de Wimax (10 veces menor que las redes móviles)	Cumple	Cumple	Cumple

				6	Aplicaciones Potenciales de Wimax			Titulo		
1	1	1	6	1	Extiende la capacidad de banda ancha para llevar acceso directo al usuario final	Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	6	2	Proporciona alternativa para huecos de servicio en los servicios DSL, T1/E1 y Cable modem	Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	6	3	Proporciona alternativa de Backhaul para WiFi y Celular	Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	6	4	Proporciona alternativa de Servicios de última milla	Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	6	5	Es interoperable con varios tipos de redes	No Cumple	Cumple	Cumple		
				7	Capacidades de Wimax			Titulo		
1	1	1	7	1	Area de cobertura similar a los sistemas celulares	No Cumple	Cumple Parcial	Cumple		
1	1	1	7	2	Capacidad de QoS para aplicaciones en tiempo real y sensitivas a retrasos, como VoIP o video streaming o descargas de datos (no en tiempo real)	No Cumple	Cumple Parcial	Cumple		
				8	Integración de Wimax con sistemas existentes.			Titulo		
1	1	1	8	1	Integración con 3G móvil	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	2	Integración Redes inalámbricas (WLAN, Blue tooth, etc.)	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	3	Integración con Redes fijas	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	4	Compatibilidad de teléfonos móviles de 3G con 4G (Wimax-CDMA)	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	5	Convergencia de Wimax (Tecnología All IP) a nivel de red y de aplicaciones	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	6	Capacidad de Wimax para interoperar con sistemas unificados de 3G, DSL, WLAN y otras tecnologías, proporcionando servicios comunes a los usuarios a través de TCP/IP	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	7	Soporta configuración de Mesh Networks	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	8	8	Soporta tecnología de Antenas Inteligentes	No Cumple	Cumple	Cumple		
				9	Wimax, Cumplimiento Especifico del Estándar			Titulo		
1	1	1	9	1	Se basa en el estándar de interfase de aire IEEE 802.16-2004, "Servicio banda ancha inalámbrica fija para redes metropolitanas"	No Cumple	Cumple	No Cumple	este estándar esta creciendo rapidamente como una tecnología y jugará su papel principal como banda ancha inalámbrica para redes metropolitanas, Wimax Fijo	
1	1	1	9	2	IEEE 802.16 es un estándar, con arquitectura "End to End" de la red móvil de Wimax	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	9	3	Convergencia de Wimax Móvil con redes de banda ancha fija	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	9	4	Soporta, OFDMA, como interface de aire	No Cumple	Cumple	Cumple	Mejorar el funcionamiento de multirayectoria en NLOS (non line of sight environments)	
1	1	1	9	5	OFDMA soporta escalabilidad (SOFDMA)	No Cumple	Cumple	Cumple	anchos de banda de canal escalables desde 1.25 a 20 MHz	
1	1	1	9	6	Los perfiles de Wimax soportan los anchos de banda de canal de: 5, 7, 8.75 y 10 MHz; en el espectro asignado y con licencia para las bandas de frecuencia de: 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3 GHz y 3.5 GHz	No Cumple	Cumple	Cumple	Perfiles mandatorios y opcionales para asegurar el funcionamiento básico e interoperable de las estaciones base y las terminales	
1	1	1	9	7	Soporta Escalabilidad (facilidad de crecimiento) en la red de acceso de radio y en la arquitectura de red	No Cumple	Cumple	Cumple	Flexibilidad en las opciones de implementación de la red y de servicios	
				10	Features Wimax Móvil			Titulo		
1	1	1	10	1	Soporta Altas velocidades de datos (High data Rates), Velocidades pico de datos en DL de hasta por 63 Mbps/sector y velocidades pico de datos en UL de hasta 28 Mbps/sector sobre un canal de 10 MHz	No Cumple	Cumple	Cumple	Solo si se cumplen estos features.MIMO Antenas,Esquemas de sub-canalización flexible,Modulación y codificado avanzado. (Peak DL data rates up to 63 Mbps per sector, and Peak UL data rates up to 28 Mbps per sector, in a 10 MHz channel)	
1	1	1	10	2	Soporta tecnología de antenas; MIMO	No Cumple	Cumple	Cumple	Support MIMO antennas technology	
1	1	1	10	3	Soporta Esquemas de sub-canalización flexible	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	10	4	Soporta Modulación y codificación avanzada	No Cumple	Cumple	Cumple	16 QAM, 64QAM y QPSK	
				11	Quality of Service,QoS, IEEE 802.16 MAC Architecture			Titulo		
1	1	1	11	1	Los "services flows" pueden se mapeados dentro de "DiffServ point codes" o dentro de "MPLS flow labels", para habilitar IP End to End con QoS	No Cumple	No Cumple	Cumple	Service flows can be map to DiffServ code points or MPLS flow labels that enable end to end IP based QoS	
1	1	1	11	2	Soporta Sub-canalización y esquemas de señalización basadas en MAP	No Cumple	No Cumple	Cumple	Suministran un mecanismo flexible para ejecutar una óptima programación del espacio, frecuencia y tiempo en la interface de aire, considerando trama por trama. (Subchannelization and MAP-based signaling schemes)	
				12	Escalabilidad			Titulo		
1	1	1	12	1	Wimax soporta canalizaciones desde 1.25 hasta 20 MHz	No Cumple	Cumple	Cumple	Puede cumplir con las diferentes asignaciones d espectro en el mundo, otras palabras es flexible para aplicaciones rurales o metropolitanas (solo expansiones)	
				13	Seguridad (Security)			Titulo		
1	1	1	13	1	Soporta Autenticación basada en EAP	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	13	2	Soporta "AES-CCM" basada en autenticación encriptada	No Cumple	Cumple	Cumple	(AES-CCM-based autenticated encryption)	
1	1	1	13	3	Soporta CMAC y HMC basada en esquemas de control de protección de mensajes	No Cumple	Cumple	Cumple		
1	1	1	13	4	Soporta "Credenciales de Usuario" como: Tarjetas SIM/USIM, tarjetas inteligentes (Smart cards), certificados digitales (Digital certificates), esquemas de username/password basados en EAP, Métodos tipo credencial	No Cumple	Cumple	Cumple		
				14	Movilidad			Titulo		
1	1	1	14	1	Soporta "Handovers" optimizados con "Latencias" menores que 50 ms.	No Cumple	No Cumple	Cumple	Aseguran aplicaciones de tiempo real tales como VoIP sin degradación de servicio. (Latency, significa pérdida de paquetes y retraso de los mismos)	
1	1	1	14	2	Soporta Esquemas de Manejo Clave Flexible (flex key management schemes)	No Cumple	No Cumple	Cumple	Aseguran que se mantiene la seguridad durante el handover	
1	1	1	14	3	La versión móvil del equipo Wimax, estará disponible en IQ07	No Cumple	No Cumple	Cumple	equipo móvil que cumpla con el estándar WIMAX/802.16e-2005	

Descripción de Capa Física					Título				
1	1	1	15	1	Soporta OFDM, como interfase de aire	No Cumple	Cumple	Cumple	interface de aire de Wimax
1	1	1	15	2	Soporta OFDMA como interfase de aire	No Cumple	Cumple	Cumple	interface de aire de Wimax
1	1	1	15	3	La capa WIMAX OFDMA PHY (3), soporta sub-canalización en DL y UL.	No Cumple	Cumple	Cumple	the minimum frequency time resource unit of sub-channelization is one slot, which is equal to 48 data tones (sub-carriers)
1	1	1	15	4	Soporta "Diversity subcarrier permutations"	No Cumple	Cumple	Cumple	Mobile applications
1	1	1	15	5	Soporta "Contiguous sub-carrier permutations"	No Cumple	Cumple	Cumple	Fixed, portable or low mobility applications
Escalabilidad de OFDMA					Título				
1	1	1	16	1	OFDMA, IEEE 802.16e-2005 Wireless MAN OFDMA Mode_SOFDMA, soportan escalabilidad	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	16	2	Soporta Anchos de banda de canal (en el sistema) de 1.25 y 20 MHz	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	16	3	Soporta Anchos de banda de canal de 5 y 10 MHz	No Cumple	Cumple	Cumple	ancho de banda de canal planeados en el release 1
1	1	1	16	4	Soporta Ancho de banda de 7 y 8.75 MHz, con FTT de 1024 y con un factor de muestreo de 8/7, el "subcarrier frequency spacing" es 7.81 y 9.77 KHz respectivamente	No Cumple	Cumple	Cumple	
TDD Estructura de trama					Título				
1	1	1	17	1	Operación FDD Full duplex	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	17	2	Operación FDD half duplex	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	17	3	Operación TDD	No Cumple	Cumple	Cumple	
Otros features avanzados de capa física					Título				
1	1	1	18	1	Soporta "Adaptive Modulation and Coding" (AMC)	No Cumple	Cumple	Cumple	enhance coverage and capacity in Wimax for mobile applications
1	1	1	18	2	Soporta "Hybrid Automatic Repeat Request"	No Cumple	Cumple	Cumple	enhance coverage and capacity in Wimax for mobile applications
1	1	1	18	3	Soporta "Fast Channel back" (CQICH)	No Cumple	Cumple	Cumple	enhance coverage and capacity in Wimax for mobile applications
1	1	1	18	4	Soporta modulaciones de: QPSK, 16QAM, 64QAM en DL (down link)	No Cumple	Cumple Parcial	Cumple	
1	1	1	18	5	Soporta modulaciones de: QPSK, 16QAM, en DL	No Cumple	Cumple	Cumple	Mandatory on DL Mobile Wimax
1	1	1	18	6	Soporta modulación de 64QAM DL	No Cumple	No Cumple	Cumple	Opcional
1	1	1	18	7	Soporta código convolucional "Convolucional Code (CC)" y código convolucional turbo "Convolucional Turbo Code" (CTC) con tasa variable de codificado "variable code rate" y repetición de codificado "repetition coding"	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	18	8	Soporta "Block Turbo Code" y "Low density Parity check Code" (LDPC)	No Cumple	Cumple	Cumple	Optional features
Esquemas de Modulación y codificación en Wimax					Título				
DL (Down Link)					Título				
1	1	1	19	2	Soporta Modulación: QPSK, 16QAM, 64QAM	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	19	3	Soporta "Code rate" de: CC: 1/2, 3/4, 5/6. CTC: 1/2, 2/3, 5/6	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	19	4	Soporta repetición de: x2, x4, x6	No Cumple	Cumple	Cumple	
UL (Uplink)					Título				
1	1	1	19	5	Soporta Modulación: QPSK, 16QAM, 64QAM	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	19	6	Soporta tasa de código de "Code rate": CC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6. CTC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	19	7	Soporta Repetición: x2, x4, x6	No Cumple	Cumple	Cumple	
Descripción de la Capa MAC					Título				
1	1	1	20	1	Capa MAC, DOCSIS	Cumple	Cumple	Cumple	Can support bursty data traffic with high peak rate demand while simultaneously supporting streaming video and latency-sensitive voice traffic over the same channel. The resource allocated to one terminal by MAC scheduler can vary from a from a single time slot to entire frame thus providing a very large dynamic range of throughput to a specific user terminal any given time
Quality of Service, QoS, support					Título				
1	1	1	21	1	Soporta "Fast Air link"	Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	21	2	Soporta "asymmetric downlink/uplink capability"	Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	21	3	Soporta granularidad fina de recursos "Fine resource granularity"	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	21	4	Soporta mecanismos flexibles de asignación de recursos "Flexible resource allocation mechanism"	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	21	5	Soporta "Unsolicited Grant Service" (UGS), VoIP	Cumple	Cumple	Cumple	Maximum sustained rate, Maximum Latency tolerance, Jitter tolerance
1	1	1	21	6	Soporta "Real time Polling Service" rtPS para aplicaciones como: (Streaming Audio or Video)	No Cumple	Cumple	Cumple	Minimum reserved rate, maximum sustained rate, Maximum Latency tolerance, Jitter tolerance, traffic priority
1	1	1	21	7	Soporta "Extended Real Time Polling Service", para aplicaciones como: detección de actividad de voz "Voice with Activity detection" (VoIP)	No Cumple	Cumple	Cumple	Minimum reserved rate, maximum sustained rate, Maximum Latency tolerance, Jitter tolerance, traffic priority
1	1	1	21	8	Soporta nrtPS, "Non Real Time Polling Service", para aplicaciones como "File transfer protocol" (FTP)	Cumple	Cumple	Cumple	Minimum reserved rate, maximum sustained rate, traffic priority
1	1	1	21	9	Soporta, BE, "Best Effort Service" para aplicaciones como (data Transfer, Web, Browsing, etc).	Cumple	Cumple	Cumple	Maximum sustained rate, traffic Priority
MAC Scheduling Service					Título				
1	1	1	22	1	Soporta "Fast Data Scheduler"	No Cumple	Cumple	Cumple	MAC scheduler must efficiently allocate available resources in response to bursty data traffic and time-varying channel conditions
1	1	1	22	2	Soporta "Scheduling for both DL and UL"	No Cumple	Cumple	Cumple	Scheduling service is provided for both DL and UL traffic in order for the MAC scheduler to make an efficient resource allocation and provide the desired QoS in the UL, the UL must feedback accurate and timely info. As to the traffic conditions and QoS requirements multiple uplink bandwidth request mechanisms such as bandwidth request through ranging channel, piggyback request and pollings are designed to support UL bandwidth request. The UL service flow defines the feedback mechanism for each uplink connection to ensure predictable UL scheduler behavior. Furthermore with orthogonal UL subchannels there is not intracell interference. UL scheduling can allocate resource more efficiently and better enforce QoS.

1	1	1	22	3	Soporta distribución dinámica de recursos "Dynamic Resource Allocation"		No Cumple	Cumple	Cumple	MAC supports frequency-time resources allocation in both DL and UL on a per frame basis. The resource allocation is delivered in MAP messages at the beginning of each frame, therefore the resource allocation can be changed on frame-by-frame in response to traffic and channel conditions. Additionally the amount of resource in each allocations can range from one slot to the entire frame. The fast and fine granular resource allocation allows superior QoS for data traffic.
1	1	1	22	4	Soporta calidad de servicio "QoS oriented"		No Cumple	Cumple	Cumple	MAC handles data transport on a connection-by-connection basis. Each connection is associated with a single data service with a set of QoS parameters that quantify the aspects of its behaviour, with the ability to dynamically allocate resources in both UL and DL, the scheduler can provide superior QoS for both DL and UL traffic, particularly with uplink scheduling
1	1	1	22	5	Soporta "Frequency selective Scheduling"		No Cumple	Cumple	Cumple	Scheduler can operate on different types of subchannels. For frequency-diverse subchannels such as PUSC (permutation), where subcarriers in the subchannels are pseudo-randomly distributed across the bandwidth subchannels are of similar quality. Frequency diversity scheduling can support a QoS with fine granularity and flexible time-frequency resource scheduling
			23		Power management	Título				
1	1	1	23	1	Soporta Sleep Mode para habilitar "power efficient MS operation"		No Cumple	No Cumple	Cumple	Battery life and handoff son dos problemas criticos que impactan la eficiencia de la potencia en la operación de la estación móvil. Sleep Mode es un estado en el cual la MS se conduce durante periodos de ausencia prenegociados con la interfaz de aire de la estación base en servicio. Estos periodos se caracterizan por la no disponibilidad para el tráfico de UL y DL de la MS (no esta disponible para la estación base), minimiza el uso de los recursos de aire de la BS y de potencia de la estación móvil. Sleep mode provee flexibilidad a la MS para escanear otras radiofobases para coleccionar información para ayudar al handoff.
1	1	1	23	2	Soporta "Idle Mode" para habilitar "power efficient MS operation"		No Cumple	No Cumple	Cumple	Idle mode, provee un mecanismo para que la MS este disponible periodicamente para tráfico de mensajería de broadcast en el DL sin registrarse a una determinada BS beneficia a la MS quitandole el requerimiento de handoff y otras operaciones normales de la red por medio de la eliminación de la interfase de aire, suministrandole solamente un método de paging para alertarla de algun tráfico pendiente de DL.
1	1	1	23	3	Soporta "seamless handoff" para habilitar la conmutación de la MS de una BS a otra, a velocidades de manejo sin interrumpir el servicio		No Cumple	No Cumple	Cumple	
			24		Handoff	Título				habilita a la estación móvil a cambiar de una estación base a otra sin interrumpir la conexión.
1	1	1	24	1	Soporta Hard handoff HHO		No Cumple	No Cumple	Cumple	Obligatorio (Mantener los retrasos de handoff de la capa 2 a menos de 50 msec)
1	1	1	24	2	Soporta "Fast base Station Switching" (FBSS)		No Cumple	No Cumple	Cumple	Modo opcional
1	1	1	24	3	Soporta "Macrodiversity Handover" (MDHO)		No Cumple	No Cumple	Cumple	Modo opcional
			25		Security	Título				
1	1	1	25	5	Soporta "Key management protocol"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	25	6	Soporta "Device/user authentication"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	25	7	Soporta "Traffic Encryption"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	25	8	Soporta "Control message protection"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	25	9	Soporta "Fast handover Support"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
			26		Features avanzados de Wimax móvil, Tecnologías de antenas inteligentes.	Título				OFDMA permite operaciones de antenas inteligentes para se ejecutadas sub-carriers de vectores planos, no se requieren equalizadores complejos, otra compensar el fading en la frecuencia selectiva. Por tanto es muy adecuada para soportar antenas inteligentes. MIMO. OFDM/OFDMA se considera como lo mas adecuado para la siguiente generación de sistemas de comunicación de banda ancha.
1	1	1	26	1	Soporta "Beamforming", DL: $N_t \geq 2, N_r \geq 1^2$; UL: $N_t \geq 1, N_r \geq 2$		Cumple	Cumple	Cumple	El sistema utiliza antenas múltiples para transmitir weighted signals para mejorar la cobertura y la capacidad del sistema y reducir la posibilidad de pérdidas de servicio
1	1	1	26	2	Soporta "Space-Time Code" (STC); DL: $N_t \geq 2, N_r \geq 1$ Matrix A; UL: N/A		Cumple	Cumple	Cumple	se soporta Transmisión en diversidad (Alamouti code), para proveer diversidad espacial y reducir el fade.
1	1	1	26	3	Soporta "Spatial Multiplexing" (SM); DL: $N_t = 2, N_r \geq 2$ Matrix B, vertical encoding; UL: $N_t = 1, N_r \geq 2$ two user collaborative SM		Cumple	Cumple	Cumple	Se soporta para tomar ventaja de las velocidades pico e incrementar el throughput, con spatial multiplexing flujos múltiples son transmitidos sobre antenas múltiples. Si el receptor también tien antenas multiples el puede separar los diferentes flujos para alcanzar un throughput mas grande.
1	1	1	26	4	Fractional Frequency Reuse		Cumple	Cumple	Cumple	Wimax móvil soporta reuso de frecuencia "UNO", por ejemplo, si todas las celdas y sectores operan en la misma frecuencia de canal para maximizar la eficiencia espectral, sin embargo debido a la fuerte interferencia co-canal en el reuso de UNO, que se produce en la frontera de las celdas se puede sufrir una degradación en la conexión en la calidad de la conexión. En Wimax móvil los usuarios operan en sub-canales los cuales solo ocupan una pequeña fracción del ancho de banda del canal. La interferencia en la frontera de la celda puede ser fácilmente evitada por medio de una configuración de re-uso apropiada de los sub-canales, sin manejar la tradicional compleja planeación celular

1	1	1	26	5	Multicast and Broadcast Service (MBS)		Cumple	Cumple	Cumple	Multicast and broadcast service (MBS) supported by mobile Wimax combines the best features of DVB-H, MediaFLO and 3GPP E-UTRA and satisfies the blow requirements
			27		Requirements	Título				
1	1	1	28	1	Soporta tasa alta de datos y amplia cobertura utilizando una sola frecuencia en la red "High data rate and coverage using a single frequency network (SFN)"		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	28	2	Distribución flexible de recursos de radio "Flexible allocation of radio resources"		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	28	3	Consumo bajo de potencia en las estaciones móviles "Low MS power consumption"		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	28	4	Soporta data -casting además de flujos de audio y video.		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	28	5	Tiempo de conmutación de canales pequeño "Low channel switching time"		Cumple	Cumple	Cumple	
			28		Arquitectura Wimax End to End, Interoperabilidad Airlink	Título				End to End Wimax Architecture, Airlink Interoperability
1	1	1	29	1	Soporta capa física "Physical (PHY) Layer"		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	2	Soporta capa MAC "MAC layer"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	3	Soporta "TCP/IP, SIP, VoIP and IPsec"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	4	Soporta interoperabilidad entre vendedores de internet para servicios de roaming "Intervendor, internetwork Interoperability for roaming"		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	29	5	Soporta "Multi-vendor access networks"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	6	Soporta facturación entre compañías "Intercompany billing"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	7	Soporta especificaciones de "networking" para las versiones de Wimax, fija, Nomádica, Portable y Móvil.		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	8	La arquitectura End to End de Wimax esta basada en la plataforma "All IP", y en "All Packet technology" la cual no soporta tecnología de circuitos.		No Cumple	Cumple	Cumple	the use of all ip mans that a common core can be used without the need to amtain both packet and circuit core networks, futher benefit of all IP is that it places the network on the performance growth curve of general purpose processors and computing devices (moore law)computing processing advances occurs much faster than telecommunications equipment because general purpose HW is no limited to telecommunications equipment cycles. All IP significa el uso de un "common network core"sin la necesidad de mantener el "packet y el circuit core networks"
1	1	1	29	9	La arquitectura esta basada en "packet-switched framework", que incluye procedimientos nativos basados en el estándar IEEE 802.16 y su modificaciones de acuerdo a los RFC's de IETF y a los estándares de "Ethernet".		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	29	10	La arquitectura permits decoupling of access architecture (and supported technologies) from connectivity IP service. Network elements of the connectivity ssystem are agnostic to the IEEE 802.16 radio specifics		No Cumple	Cumple	Cumple	
			29		La arquitectura permite modularidad y flexibilidad para acomodar un amplio rango de opciones de implementación tales como:	Título				
1	1	1	30	1	Soporta desde pequeñas a grandes redes de Wimax (Small scale to large scale) (sparse to dense radio coverage and capacity)		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	30	2	Soporta radio-propagación para escenarios Urbanos, sub-urbanos y rurales		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	30	3	Trabaja en las bandas de frecuencia con Licencia y en las bandas libres de licencia		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	30	4	Soporta tecnologías jerárquicas, Flat, Mesh y sus posibles variantes		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	30	5	Soporta la Co-existencia de las versiones fija, nomádica, portable y móvil		No Cumple	Cumple	Cumple	
			30		Soporte a Servicios y Aplicaciones	Título				The end to end architecture includes the support for:
1	1	1	31	1	Voz, Servicios de Multimedia, Servicios de emergencia, Lawful Interception		Cumple Parcial	Cumple	Cumple	
1	1	1	31	2	Soporta el acceso a gran variedad de aplicaciones del suministrador de servicios (ASP) de manera agnóstica		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	31		Soporta comunicación telefónica móvil utilizando VoIP Mobile telephony communications using VoIP		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	31		Soporta interfaces e interworking con Media gateways, permitiendo con esto la entrega de servicios incumbent/legacy, (los cuales son traducidos sobre IP, SMS over IP, MMS, WAP) a las redes de acceso Wimax		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	31		Soporta la entrega de servicios IP broadcast y multicast, sobre las redes de acceso Wimax.		No Cumple	Cumple	Cumple	
			31		Interworking and Roaming	Título				Es otra ventaja clave de la arquitectura de red "end to end"que soporta varios escenarios de implementación.
1	1	1	32	1	Soporta "Loosely-coupling interworking" con las redes inalámbricas existentes tales como 3GPP y 3GPP2 o con las redes fijas (alámbricas) existentes tales como DSL y MSO con las interfaces de "interworking" basadas en los estándares de IETF (grupo de protocolos)		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	32	2	Roaming global a través de las redes de los operadores de Wimax , incluyendo el soporte para "credential re-use" , uso consistente de AAA para "accounting" y "billing" , y "consolidated /common billing and settlement"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	32	3	Soporta formatos de autenticación de usuario, tales como, "username password" , "digital certificates", "subscriber identity module" (SIM), "Universal SIM" (USIM) y "removable User Identity Module" (RUIM)		Cumple	Cumple	Cumple	

1	1	1	32	4	Tecnología Wimax esta basada en el modelo de referencia NRM (Network Reference Model) que es una representación lógica de la arquitectura de red. Por medio del cual se indentifican las entidades funcionales y sus puntos de referencia. Contiene la funcionalidad suficiente y necesaria para soportar los diferentes escenarios de implementación, como son, "fixed -nomadic-portable-simple mobility-fully mobility subscribers". Este modelo Incluye, MS, ASN y CSN y sus puntos de referencia para la interconexión de las entidades lógicas.	No Cumple	No Cumple	Cumple	NRM is the logical representation of the network architecture identifies functional entities as reference points over which interoperability is achieved between functional entities. ASN represents a boundary for functional interoperability with Wimax clients. Wimax connectivity service functions and aggregation of functions embodied by different vendors. Connectivity Service Network is defined as a set of network functions that provide IP connectivity services to the Wimax subscribers (routers, AAA proxy/servers, user databases, interworking gateway devices. Este modelo permite múltiples opciones de implementación para cada una de las entidades funcionales y alcanzar la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de estas entidades. Interoperabilidad esta basada en la definición de los protocolos de comunicación y el tratamiento de los datos entre las entidades funcionales para alcanzar una plena funcionalidad End to End. Por ejemplo: seguridad o "mobility management"
			32		Especificaciones para redes de Wimax basados en principios básicos de arquitectura de red	Título			
1	1	1	33	1	Provee: Separación lógica entre estos principios básicos de arquitectura de red y "IP addressing", Procedimientos de manejo de conectividad y enrutamiento (routing and connectivity management procedures), Y los protocolos para habilitar el uso de las primitivas en la arquitectura de acceso para implementaciones "standalone" e "interworking"	Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	33	2	Soporta la compartición de ASN's de un proveedor de acceso de red "network access provider" (NAP) entre múltiples NSP's	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	33	3	Soporta que el ASN (Access Service network) de un NAP (Network Access Provider) pueda ser compartido con otros NSP's (Network Service Provider)	No Cumple	Cumple	Cumple	(Support for of a single NSP providing service over multiple ASN 's- managed by one or more NAP's)
1	1	1	33	4	Soporta que un NSP pueda proporcionar servicios sobre múltiples ASN's, manejados por uno o más NAPs.	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	33	5	Soporta a los NAP's que emplean una o más topologías de ASN's	No Cumple	Cumple	Cumple	Support of NAP's that employ one or more ASN's topologies
1	1	1	33	6	Soporta el acceso a los servicios del operador incumbente a través de funciones de interworking	No Cumple	Cumple	Cumple	Support of access to incumbent operator services through interworking functions as needed
1	1	1	33	7	Especifica puntos de referencia abiertos y bien definidos entre las entidades funcionales de la red (en un ASN, entre ASN's y CSN's, entre MS, ASN, y CSN para habilitar la interoperabilidad multivendor	No Cumple	Cumple	Cumple	Specification of open and well-defined reference points between various groups of network functional entities (within an ASN, between ASN's, between ASN and a , and between CSN's) and in particular between MS, ASN and CSN to enable multivendor interoperability
1	1	1	33	8	Soporta las rutas de evolución para los diversos los modelos en uso, por supuesto dentro suposiciones y limitaciones razonables.	No Cumple	Cumple	Cumple	Support for evolution paths between the various usage models subject to reasonable technical assumptions and constraints
1	1	1	33	9	Permite implementaciones con diferentes proveedores las cuales están basadas en combinaciones con diferentes entidades funcionales sobre las redes físicas, siempre y cuando estas implementaciones cumplan con los protocolos y procedimientos a través de los puntos de referencia aplicables, como se han definido en las especificaciones de la red.	No Cumple	Cumple	Cumple	Enabling different vendor implementations based on different combinations of functional entities on physical networks entities, as long as these implementations comply with the normative protocols and procedures across applicable reference points, as defined in networks specifications
1	1	1	33	10	Soporta el escenario más básico, un operador, implementando un ASN con un conjunto limitado de funcionalidades de CSN, de tal manera que el operador pueda ofrecer servicio básico de acceso a internet pero no funcionalidad de roaming o interworking.	Cumple	Cumple	Cumple	Wimax architecture also allows both IP and Ethernet services in a standard mobile IP compliant network. Support for the most trivial scenario of a single operator deploying an ASN together with a limited set of CSN functions, so that the operator can offer basic internet access service without consideration for roaming or interworking.
					Principales Features de la red Wimax	Título			
			33		Security	Título			
1	1	1	34	1	Soporta autenticación entre el MS y la red Wimax, basada en la estructura de seguridad IEEE 802.16				
1	1	1	34	2	Soporta integridad de datos, "replay protection", confidencialidad y "non repudiatios" utilizando claves de longitud adecuada	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	34	3	Soporta el uso de mecanismos de seguridad "initiated/terminated" para la MS, como redes privadas virtuales "Virtual private networks" (VPN's)	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	34	4	Soporta mecanismos confiables para el manejo de direcciones IP entre el MS/SS y el NSP visitado o en el NSP local.	No Cumple	Cumple	Cumple	Supports standard secure IP address management mechanisms between the MS/SS and its home or visited NSP
			34		Mobility and Handovers	Título			
1	1	1	35	1	Soporta "Vertical or inter-technology" handovers, por ejemplo hacia WiFi, 3GPP, 3GPP2, DSL or MSO- cuando tal capacidad es habilitada en una MS multimodal.	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	35	2	Soporta movilidad basada en IPv4, o IPv6. Por lo que esta arquitectura debe proveer a la MS, con múltiples direcciones de IPy conexiones simultáneas a IPv4 e IPv6.	No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	35	3	Soporta roaming entre NSP's	No Cumple	Cumple Parcial	Cumple	
1	1	1	35	4	Utiliza mecanismos para soportar handovers transparentes "seamless handovers" a la velocidad vehicular, satisfaciendo los límites definidos de interrupción de servicio (Wimax Forum)	No Cumple	Cumple	Cumple	

				35	Capacidades adicionales para soportar movilidad	Título				
1	1	1	36	1	Soporta Configuraciones dinámicas y estáticas para "Home Address"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	36	2	Soporta la asignación dinámica del "Home Agent"; en el "Service Provider Network" como una forma de optimizar el enrutamiento y en el "Home IP network" como una forma de balanceo de carga		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	36	3	Soporta la asignación dinámica del Home Agent, de acuerdo a políticas.		No Cumple	Cumple	Cumple	
				36	Scalability, Extensibility, Coverage and Operator Selection	Título				The end to end WIMAX Network Architecture has extensive support for scalable extensible operation and flexibility in operator selection
1	1	1	37	1	Permite al usuario seleccionar manualmente o automáticamente los NAP's y NSP's disponibles		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	2	Permite diseños de sistemas de ASN y CSN que fácilmente pueden crecer o decrecer en términos de cobertura, alcance o capacidad		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	3	Permite gran variedad de topologías de ASN, que incluyen: "hub-and-spoke", "hierarchical", y "multi-hop interconnects"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	4	Permite gran variedad de links de Backhaul, ambos alámbricos (wireline) o inalámbricos (wireless) con diferentes características de "latency" y "throughput"		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	5	Soporta implementación incremental de infraestructura		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	6	Soporta introducción de servicios IP, que crecerán de acuerdo al crecimiento en el número de usuarios activos y al incremento de servicios IP por usuario		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	7	Soporta la integración de estaciones base con diferente cobertura y capacidad, por ejemplo, Pico, Micro y macro BS's		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	37	8	Soporta flexible descomposición e integración de las funciones del ASN, en una red de ASN's para habilitar esquemas de balanceo de carga que permita un uso eficiente del espectro de radio y de los recursos de la red.		No Cumple	Cumple	Cumple	
				37	Features adicionales, relacionados con el manejo y el funcionamiento de la red de Wimax	Título				PDM to provide response
1	1	1	38	1	Soporta amplia variedad de: "client provisioning" en línea y fuera de línea, Inscripción (enrollment), y esquemas de administración basados en estándares IP abiertos y ampliamente utilizados en la industria.		Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	38	2	Permite servicios de "Over-The-Air (OTA) para el provisionamiento y actualización de las MS y para SW upgrades		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	38	3	Permite el uso de "header compression/suppression" y/o "payload compression" para eficientar los recursos de radio de Wimax		Cumple Parcial	Cumple	Cumple	
				38	Interoperabilidad Multivendor	Título				Key aspect of the WIMAX Network Architecture is the support of interoperability between equipment from different manufacturers within an ASN and across ASN's, such interoperability will include interoperability between IEEE 802.16 standard defines multiple convergence sub-layers. The WIMAX Network Architecture framework supports a variety of CS types including: Ethernet CS, IPv4 CS, and IPv6 CS
1	1	1	39	1	Soporta interoperabilidad entre la BS y el equipo de backhaul dentro de la ASN		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	39	2	Soporta interoperabilidad entre varios ASN (diferentes fabricantes) y CSN, con mínima degradación (o sin degradación) en funcionalidad y capacidad de la ASN		No Cumple	Cumple	Cumple	
				39	Quality of Service	Título				The WIMAX Network Architecture has provisions for support of QoS mechanisms. In particular, it enables flexible support of simultaneous use of diverse set of IP services. The architecture supports:
1	1	1	40	1	Soporta diferentes niveles de QoS, desde el más básico, "por terminal de usuario", hasta el más robusto, "flujo de servicio por terminal de usuario".		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	40	2	Soporta control de admisión		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	40	3	Soporta administración del ancho de banda		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	40	4	Soporta: Implementación de políticas de QoS definidas por los operadores y que están basadas en sus SLA's (política de derechos por usuario, por grupos de usuarios, y factores tales como localización, hora del día, etc.).		Cumple	Cumple	Cumple	Se hace uso de los mecanismos del estándar IETF para la definición de la política de administración y para la política de derechos entre los operadores.
				40	ASN profiles	Título				The flexible WIMAX network specifications allows different implementations of Access Service Network configurations
1	1	1	41	1	Soporta arquitectura, "Distributed /Collapsed"		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	41	2	Soporta arquitectura centralizada		No Cumple	Cumple	Cumple	
				41	Estructura de Inter-operabilidad	Título				
1	1	1	42	1	Soporta, interoperabilidad Intra-ASN entre diferentes vendedores		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	42	2	Soporta inter-operabilidad, Inter-ASN, entre diferentes vendedores		No Cumple	No Cumple	Cumple	
				42	Aplicaciones de Wimax Móvil, 802.16e	Título				The Wimax forum has identified several applications for 802-16e-based systems and is developing traffic and usage model for them. These applications can be broken down into five major classes

1	1	1	43	1	Multi-player Interactive Gaming; bandwidth 50 Kbps; Low Latency < 25 msec; Jitter, N/A		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	43	2	VoIP&Video Conference;Low bandwidth 32-64 Kbps; Low latency < 160 msec, Low Jitter < 50 msec		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	43	3	Streaming Media: Low to high bandwidth, 5Kbps-2Mbps, Latency N/A; Low jitter < 100 msec		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	43	4	Web Browsing&Instant Messaging: Moderate bandwidth 10Kbps-2 Mbps; Latency, N/A; Jitter, N/A		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	43	5	Media Content Downloads; High bandwidth > 2Mbps, Latency N/A; Jitter N/A		No Cumple	Cumple	Cumple	
			43		Cosideraciones de espectro de Wimax	Título				To take the best advantage of the benefits provided by Wimax systems , large block spectrum assignments are most desirable. This enables systems to be deployed in TDD mode with large channels bandwidths, flexible frequency re-use and with minimal spectral inefficiencies for guard bands to facilitate coexistence with adjacent operators, allocation of the of the spectrum in lower frequency bands (< 6GHz) that is both application and technology neutral
1	1	1	44	1	Soporta el estándar de interfase de aire 802.16e-2005, en las bandas de frecuencia de:2.3, 2.5, 3.3, 3.5 GHz		No Cumple	Cumple	Cumple	approved standard, with a 27 MHz block of spectrum assignment to each operator, this band will support a TDD deployment deployment with three channels per base station and a nominal channel bandwidth of 8.75 MHz
			44		Roadmap for Wimax Products	Título				
1	1	1	45	1	Productos que cumplen con Wimax para servicios fijos están disponibles y están siendo implementados en la banda licenciada de 3.5 GHz y en la no licenciada 5.8 GHz. ya certificados y basados en el estándar 802.16 2004		No Cumple	Cumple	Cumple	
			45		Wimax roadmap del Estándar 802-16-2004	Título				
1	1	1	46	1	Estándar 802-16-2004 para aplicaciones fijas, banda de 10-66 GHz, single carrier, LOS, Licenciada. 2-11 GHz OFDM, non LOS, Licenciada&no licenciada. Cumplimiento en 2004		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	46	2	Perfiles y pruebas de certificación, modulación OFDM, en las bandas de frecuencia de 3.5 GHz y 5.8 GHz, cumplimiento en 2005		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	46		Wimax fijo, cumplimiento con 802.16 2004, implementaciones banda ancha inalámbrica fija y/o servicios nomadicos, disponible en 2006-2007-2008-2009		No Cumple	Cumple	Cumple	
			46		Wimax, Roadmap del Estándar 802.16e	Título				
1	1	1	47	1	Aplicaciones móviles y fijas < 6GHz SOFDMA, non LOS, Licensed, disponibilidad 2Q04-4Q05		No Cumple	Cumple	Cumple	
1	1	1	47	2	Wimax perfiles y pruebas de certificación para las bandas de frecuencia de 2.3, 2.5 y 3.5 HGz, 4Q05-4Q06		Cumple Parcial	Cumple Parcial	Possible Candidato	
1	1	1	47	3	Cumplimiento con el estándar Wimax Móvil, 802.16e, implementaciones para servicios móviles, Release 1, Profiles, 2Q06-4Q09		No Cumple	No Cumple	Cumple	
1	1	1	47	4	Cumplimiento con el estándar Wimax Móvil, 802.16e, implementaciones para servicios móviles,Otros perfiles de Wimax móvil: bandas de frecuencia, anchos de banda de canal, FDD, etc (basados en los mercados y en las oportunidades). 2Q06-4Q09		No Cumple	No Cumple	Cumple	

221 221 221

Total PxP	221	221	221
-----------	-----	-----	-----

Total Cumple's	63	186	216
Total Cumple Parcial	3	5	0
Total, Posible Candidato	0	0	1
Total Soluciones Opcionales	0	0	0
Total No Cumple's	155	30	4
Total de En Contra	0	0	0

% Cumple's	28.51%	84.16%	97.74%
%(Cumple's + Parciales + Soluciones Opcionales)	29.86%	86.43%	97.74%
% No Cumple's	70.14%	13.57%	1.81%
% En Contra's	0	0	0
%(No Cumple's + En Contra)	70.14%	13.57%	1.81%

Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	La factibilidad técnica de implementar esta tecnología es muy buena para los productos que cumplan al menos con el 85% de los requerimientos aquí listados, siempre y cuando el proveedor se comprometa a tener disponible el 15% restante en no más de 6 meses. Para este caso el operador desea el lanzamiento comercial de los servicios fijos en Diciembre del 2007, por lo que la tecnología deberá estar lista en Junio del 2007
Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	Los resultados obtenidos son menores al 80%, por lo que no es factible realizar esta prueba.

De acuerdo a estos resultados, no es factible técnicamente para el operador realizar una prueba de trial con tecnología propietaria, ya que no se cumple con la mayoría de las funcionalidades y requerimientos de capacidad y cobertura, en caso de que esta prueba se llevara a cabo se deberá repetir las pruebas cuando el producto de Wimax fijo este disponible.

Análisis de SWOT

Tecnología a evaluar	Wimax	Red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	Grado de Cumplimiento	Tipo de versión	Tipo de versión	Tipo de versión	Comentario
Proveedor	DreamMaker DM	Objetivo 1 de la Evaluación	Fortaleza	Versión fija Proprietaria	Versión fija	Versión Movil	
Operador	TelDream, TD	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	Amenaza	IEEE 802.16	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e	
Tipo de solicitud	RFP		Oportunidad	Certif. no aprobada	Certif. aprobada	Certif. Pendiente (Dic. 2006)	
		Objetivo 2 de la Evaluación	Debilidad	No Serv. Comerc.	Ver. comerc. Ene. 2007	Ver. comerc. Dic. 2007	
		Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador					
Tipo de Evaluación			SWOT			Título	
			Fortalezas			Título	
1	1	1 1	1	1	Implementación de bajo costo, 33 Dolares/casa vs. 300 o 600 para DSL)	Comply	Fortaleza Fortaleza
1	1	1 2	1	2	Velocidad de 75 Mbps y cobertura de 50 Km.	Comply	Fortaleza Fortaleza
1	1	1 3	1	3	Sistema autoconfigurable y adaptable	Comply	Fortaleza Fortaleza
1	1	1 4	1	4	Control centralizado en MAC que habilita simultáneos y variados flujos de calidad de servicio	Comply	Fortaleza Fortaleza
			Debilidades			Título	
1	1	2 1	2	1	Alto consumo de potencia		Debilidad Debilidad
1	1	2 2	2	2	No hay disponibilidad inmediata de dispositivos portátiles		Debilidad Debilidad
1	1	2 3	2	3	No está totalmente especificado el Feature de movilidad		Debilidad Debilidad
1	1	2 4	2	4	La implementación de la movilidad puede volverse muy compleja		Debilidad Debilidad
1	1	2 5	2	5	Necesita línea de vista para la transmisión de señales a velocidades por encima de 10 MHz	Transmite in	Debilidad Debilidad
1	1	2 6	2	6	El estándar no es compatible con versiones inalámbricas existentes, por ejemplo 802.11		Debilidad Debilidad
1	1	2 7	2	7	Las antenas interiores no garantizan la recepción correcta de las señales en cualquier edificio		Debilidad Debilidad
1	1	2 8	2	8	Los equipos con antena interior necesitan celdas de pequeña cobertura		Debilidad Debilidad
			Oportunidades			Título	
1	1	3 1	3	1	Infraestructura inalámbrica de alta velocidad		Oportunidad Oportunidad
1	1	3 2	3	2	Convergencia con la infraestructura de CDMA		Oportunidad Oportunidad
1	1	3 3	3	3	Solución de ultima milla para acceso de banda inalámbrico ancha		Oportunidad Oportunidad
			Amenazas				
1	1	3 4	3	4	Las tecnologías ADSL-DSL serán implementadas globalmente		Amenaza Amenaza
1	1	3 5	3	5	La penetración celular es muy alta y sigue creciendo		Amenaza Amenaza
1	1	3 6	3	6	Posible implementación de tecnología 3G		Amenaza Amenaza
1	1	3 7	3	7	Exito generalizado de los estándares 802.20		Amenaza Amenaza
1	1	3 8	3	8	Confiable de la predicción de demanda		Oportunidad Oportunidad
1	1	3 9	3	9	Es posible la competencia entre operadores		Oportunidad Oportunidad
1	1	3 10	3	10	Los costos futuros de Wimax serán menores que los de DSL en el área rural		Oportunidad Oportunidad
1	1	3 11	3	11	Wimax ganará participación de mercado, aprovechando su cobertura ilimitada		Oportunidad Oportunidad

0 23 23

Total PXP	0	23	23
------------------	---	----	----

0 23 23

Total PxP	0	23	23
Total (Fortalezas)	0	4	4
Total (Oportunidades)	0	7	7
Total (Debilidades)	0	8	8
Total (Amenazas)	0	4	4
Total (en contra)	0	0	0
	0	23	23

% Fortalezas	#:DIV/0!	17.39%	17.39%
% (Oportunidades)	#:DIV/0!	30.43%	30.43%
% (Fortalezas + Oportunidades+de bilidades)	#:DIV/0!	82.61%	82.61%
% (Debilidades)	#:DIV/0!	34.78%	34.78%
% (Amenazas)	#:DIV/0!	17.39%	17.39%
% (Amenazas+Deb tildades)	#:DIV/0!	52.17%	52.17%

Conclusiones

SWOT

Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología en su red	Se debe hacer un buen plan para convertir las debilidades en fortalezas y se tiene que considerar un plan emergente que mitigue los problemas en caso de que se presente alguna amenaza. Teniendo más de 80% de fortalezas y oportunidades y considerando convertir las debilidades en fortalezas, este análisis nos proporciona un buen margen de éxito.
Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con tecnología propietaria en la red del operador	No aplica, ya que no paso la evaluación de la parte técnica

Total (Sí)	0	2	2
Total (A favor)	0	11	11
Total (No aplica)	0	0	0
Total (No)	0	0	0
Total de en contra	0	3	3
	0	16	16

% Si	#DIV/0!	12.50%	12.50%
% (Si + A favor)	#DIV/0!	81.25%	81.25%
% (Si + A favor + No aplica)	#DIV/0!	81.25%	81.25%
% No	#DIV/0!	0.00%	0.00%
% En contra	#DIV/0!	18.75%	18.75%
% No Cumple's+ En contra	#DIV/0!	18.75%	18.75%

Conclusiones

		Riesgo
Objetivo 1 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el operador al implementar esta tecnología	Los resultados de esta evaluación nos muestran que el riesgo existe, como en cualquier implementación de nuevos productos, y los resultados positivos y favorables son mayores del 80%, por lo que con un buen plan para mitigar el riesgo, se tiene una muy buena posibilidad de éxito
Objetivo 2 de la Evaluación	Identificar la factibilidad de éxito que tiene el proveedor de implementar una prueba de campo con	No aplica, ya que no pasó favorablemente la evaluación técnica.

Capítulo 9
Conclusiones

9.	INTRODUCCIÓN	297
9.1.	Aplicación en nuevos proyectos	297
9.2.	Aplicación en pruebas de campo	298
9.3.	Decisión de diseño de la herramienta	298
9.4.	Utilidad de la herramienta	299
9.5.	Alcance de la herramienta	299
9.6.	Actualización	300

9. Introducción

Durante varios años he participado en muchos proyectos de telecomunicaciones, a nivel nacional e internacional, en varias empresas transnacionales, iniciando desde la telefonía fija en productos como centrales públicas, en la parte de transmisión, microondas, cable coaxial, fibra óptica, etc. hasta la tecnología inalámbrica. Participé en la implementación del primer sistema celular de México y en muchos otros proyectos de nuevos productos.

Dentro de las posiciones que he desarrollado en la industria, han sido en la parte técnica, en proyectos, en ventas y desarrollo de nuevos productos.

He tenido en estas áreas, mucha responsabilidad en la toma de decisiones para llevar a cabo inversiones en proyectos para nuevos productos, para expansiones de las redes existentes o migraciones hacia las nuevas tecnologías. Esto me ha obligado a tomar decisiones inmediatas en cuanto a determinar la factibilidad de invertir en proyectos con buen porcentaje de éxito, tanto en la parte económica como en la parte técnica.

9.1. Aplicación en nuevos proyectos

Cada vez que se tiene un nuevo proyecto, y una vez que se tiene el alcance del proyecto, se tiene que hacer un diseño de ingeniería donde se indican las especificaciones técnicas que el producto debe cumplir de acuerdo a las necesidades del cliente.

Estos requerimientos del cliente son entregados al proveedor del producto, y el proveedor desarrolla el diseño basado en estos requerimientos.

Además de las especificaciones técnicas se realizan otro tipo de estudios, con los cuales se asegura la factibilidad del éxito del producto en el mercado.

Existe un periodo difícil entre la recepción de la solicitud del producto y la generación de la oferta.

Primero se debe investigar si el producto cumple con las especificaciones y requerimientos del cliente; la disponibilidad de la solución y tiempo de entrega. Cuales son los requerimientos básicos o esenciales y cuales podrían proporcionarse una vez que el sistema estuviera en servicio dentro de un tiempo especificado.

También se debe de verificar la viabilidad de la implementación en las fechas que el cliente lo requiere. Una vez que se tiene esta información se puede decidir si se debe invertir tiempo y dinero en la generación de la oferta.

Uno de los mayores problemas que se tienen durante la generación del diseño y la oferta para un nuevo producto, es el tiempo. El cliente normalmente solicita la respuesta a los proveedores proporcionando un tiempo límite, el proveedor que no cumpla, está fuera del concurso.

Usualmente la generación del diseño se hace con recursos localizados en muchas partes del mundo, con ingenieros que no conocen el país donde se implementará el nuevo producto y mucho menos conocen las condiciones de la red donde se introducirá el producto.

Esto genera que los diseños de ingeniería no sean exactos, no cumplan con los requerimientos y principalmente no se cumplan con los requerimientos básicos para que el producto sea interconectado, integrado a las redes existentes de manera inmediata transparente.

Estos diseños toman bastante tiempo del proporcionado por el cliente para generar la oferta; por tanto, si el diseño tarda, no sabemos si cumplirá con el mínimo esperado, y por tanto, la elaboración de la oferta se inicia sin saber siquiera si el producto cumple con los requerimientos. Además, la generación de las otras partes de la oferta, programación del proyecto, cálculo de recursos, reserva de equipo y parte legal, deben esperar también a que se defina la viabilidad del proyecto. Por tanto es usual que se genere la oferta pero no se entregue o en el peor de los casos se entregue y sea rechazada por el cliente.

9.2. Aplicación en pruebas de campo

Otro problema no menor es determinar con un grado de confiabilidad adecuado cuando realizar pruebas de campo de nuevos productos en las instalaciones del cliente. Estas pruebas de campo usualmente eson la mejor forma para convencer al cliente del funcionamiento, ventajas, ahorros y beneficios que le ofrece este nuevo producto. Normalmente los vendedores ofrecen estas pruebas al cliente y no desisten hasta obtener su consentimiento. Una vez que lo obtienen solicitan a la parte de operaciones la implementación de la prueba. Hasta aquí termina la responsabilidad del vendedor y ahora le toca el turno al responsable de operaciones.

Usualmente la responsabilidad de la decisión de implementación ya sea positiva o negativa en este tipo de proyectos recae en los gerentes regionales y tanto el corporativo del proveedor como el corporativo del cliente, esperan que este producto sea una buena inversión y no solo una prueba que hará perder el tiempo del personal asignado a ella y los recursos tecnológicos utilizados.

9.3. Decisión de diseño de la herramienta

Es por esto que decidí crear una herramienta que permita a los ejecutivos, saber de manera rápida la factibilidad de un proyecto con solo introducir las especificaciones técnicas proporcionada por el cliente, y la información comercial y de negocios.

Esta herramienta ya ha sido probada con un proyecto de prueba de campo de una central de telefonía celular, con resultados excelentes.

La razón por la que decidí presentar esta herramienta como tema de tesis es que al desarrollarla como parte de mi labor profesional, me ha permitido tener una respuesta inmediata a la pregunta de si un proyecto es económicamente factible; lo que me permite estar en posición de impulsar decisiones o tener opiniones claras y

precisas acerca de la viabilidad de los nuevos productos, durante las frecuentes consultas tanto del cliente como de los ejecutivos de alto nivel de la empresa proveedora.

Este trabajo no ha incluido ningún desarrollo matemático, ni ha investigado nuevas funcionalidades o mejoras de alguna tecnología, estándar, método o protocolo, no contiene un grado complejo de cálculos utilizando ecuaciones de estado o series matemáticas. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar seguridad a los ingenieros de posición ejecutiva en la toma de decisiones y en la veracidad de sus opiniones técnicas, porque al final aunque sean ejecutivos de alto nivel nunca dejan de ser ingenieros.

9.4. Utilidad de la herramienta

Este trabajo guiará a las personas que lo lean, a través de la historia básica de las redes de acceso inalámbricas que se han implementado en el mercado mexicano, y les darán conocimientos básicos para entender las nuevas tecnologías por venir. Además les ayudará a ubicarse dentro de un marco de referencia que los habilitará a determinar los principales beneficios y diferencias entre las tecnologías existentes y las futuras.

También proporciona un modelo donde se pueden introducir los datos de cualquier tecnología y determinar la factibilidad de su implementación, con solo ajustes de información de acuerdo al mercado donde se realice la implementación.

Con esta herramienta el ejecutivo de las operaciones podrá informar de sus decisiones a los ejecutivos de alto nivel de su organización así como a los vendedores de la factibilidad de cualquier producto dentro de la red pública, del operador específico y de acuerdo a las normas de la agencia reguladora de comunicaciones.

Esta herramienta ayudará a recordar los principales aspectos técnicos, comerciales, políticos, de competencia, etc. que deben tomarse antes de realizar cualquier proyecto, lo que hará incrementar su porcentaje de éxito.

A través de esta herramienta los operadores podrán tener una referencia de qué proveedor les ofrece mejores funcionalidades y también conocer el grado de respuesta de los mismos en caso de desarrollo de funcionalidades adicionales y también el grado de cumplimiento del producto con el estándar de los diferentes proveedores.

9.5. Alcance de la herramienta

El alcance de esta herramienta es ilimitado, cualquier producto de telecomunicaciones del que se tenga información técnica, comercial, etc. podrá ser simulado, de manera sencilla, ya que se basa en SW de uso común que cualquier computador personal contiene.

9.6. Actualización

Esta herramienta deberá ser actualizada para cada uno de los nuevos productos futuros, con anticipación, de tal manera que cuando sea necesaria su utilización, después de pequeños ajustes sea una excelente referencia para realizar la toma correcta de decisiones.

Finalmente, se puede considerar que el objetivo de la tesis se ha cumplido con el desarrollo de un programa de computadora para aplicaciones de ingeniería, que ha demostrado su utilidad en la vida real.

10 Bibliografía

Bibliografía

Cellular radio Handbook

Neil J. Boucher, Quantum

The Business Wimax

Deepak Pareek, Wiley

IMS IP Multimedia concepts and services

MiikkaPoikselka, Wiley