



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERIA

Implementación del servicio de Streaming  
en una red telefónica 3G

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**Ingeniero en Telecomunicaciones**

PRESENTA

Antelma Adriana Mercado Torres

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**Ingeniero Eléctrico Electrónico**

PRESENTA

Juan Carlos de la Cruz Carreño

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**Ingeniero Mecánico Electricista  
(Área Eléctrica Electrónica)**

PRESENTA

Alejandro Ramírez Juárez

Director de Tesis:

M.C. Edgar Baldemar Aguado Cruz

Ciudad Universitaria Noviembre 2008





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.

## *Dedicatorias*

*Mas que solo agradecer por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi formación académica y de mi vida, les agradezco las invaluable enseñanzas que con **su ejemplo** he aprendido y que han hecho de mi lo que ahora soy... una persona de bien y por supuesto... una profesionalista*

*A ti, abuelita*

*Que me enseñaste lo más importante... "dar lo mejor de ti y compartir con tus seres queridos" es la mayor felicidad y... la mejor garantía de que en momentos difíciles alguien te socorrerá.*

*A ti, abuelito...*

*Que con tu trabajo me diste la posibilidad de estudiar y con tu mano recia la fortaleza para no desistir...*

*A ti, mamá*

*Por haberme enseñado que todo logro tiene atrás un sacrificio, por fomentar siempre en mí, el sentido del deber y la responsabilidad, aún a costa de la comodidad...*

*A ti, tío Sergio*

*Por sembrar en mí la idea de crecer y descubrir ante mis ojos el camino del saber*

*A ti, tía Betty*

*Por inyectarme, justo cada vez que lo necesité, una dosis de energía y animo para no olvidar nunca mis metas*

*A ti, tío Chato*

*Por enseñarme "que el camino más corto entre dos puntos, es la línea recta"... que hacer las cosas bien tiene sus respectivas recompensas...*

*A ustedes, mis hermanos*

*Por enseñarme que la alegría y el cariño son la energía para trabajar duro en alcanzar mis objetivos*

*A ti, Juan*

*Por enseñarme que todos los sueños se pueden realizar, que solo tengo que desearlo con todas mis fuerzas, y en ello, comenzar a trabajar...*

*A ustedes, mis amigos de Telcel*

*Por enseñarme que la unión hace la fuerza y por enseñarme a contar más de cinco dedos en mi mano... pues hay veces que uno no se da cuenta con todo lo que uno puede contar...*

*Gracias a todos también por su amor y cariño... Telma*

*Agradecimientos..... (por orden de parición):*

*gracias a.....*

*...Dios por su infinita bondad y amor.*

*...Mis padres, por la oportunidad que me brindaron, por su apoyo y sobre todo, porque me enseñaron a afrontar la vida.*

*...Mis hermanos, por que este camino no habría sido lo mismo sin ustedes.*

*...A mis amigos (ya saben quienes son....) porque son de las cosas mas valiosas de mi vida.*

*...A mi Vero por que hemos crecido juntos, por su entrega y por lo que eres hoy para mi.*

*...A esa pequeña lucecita que se ha mantenido encendida desde hace 7 años y que nunca me dejo en la penumbra a pesar de que las demás luces se apagaron.....gracias hijo.*

*...por ultimo, y no menos importante, un agradecimiento especial a mis compañeros que hicieron posible este trabajo....*

*JUAN CARLOS DE LA CRUZ CARREÑO.*

*Ahora que el camino es tan cierto, ahora que las manos están llenas de palabras, ahora que los ojos están llenos de colores, ahora que los pies están llenos de caminos y la boca de sabores... el corazón esta lleno de esperanza. Ahora, justo ahora que vuelvo sobre mis ojos... los celebro, a Dios por la salud y el amor, por todas sus bendiciones, a mi Padre por su ejemplo y comprensión, por esa gran fortaleza de enfrentar la vida, a mi Madre por su amor y paciencia, a mis hermanos por su apoyo sincero, a ti Juan por tu apoyo, haciendo una parada en tu vida para permitirme alcanzar todo esto, a ti Jorge que aun en la distancia siempre estas presente con tu cariño y confianza, a mis amigos por su compañía y su amistad sincera, a todos aquellos que por faltarme las letras no terminaría de mencionar sus nombres, a todos gracias.*

*ALEJANDRO.*

## INDICE.

<b>INTRODUCCION</b> .....	12
<b>1. Historia de las telecomunicaciones</b> .....	14
1.1 Revisión General .....	14
1.2 Historia de la telefonía en México .....	22
1.2.1 Sistema Morelos.....	27
1.2.2 Hacia una nueva etapa de las comunicaciones .en México .....	28
1.2.3 Servicio de Telefonía Celular en México.....	31
1.3 Historia de la telefonía celular.....	33
1.4 Generaciones de la Telefonía Celular .....	36
1.4.1 Primera Generación de Telefonía Celular.....	36
1.4.2 Segunda generación de Telefonía Celular .....	36
1.4.2.1 Generación 2.5.....	37
1.4.2.2 Sistema GSM .....	37
1.4.2.3 Cobertura en los sistemas 2G .....	38
1.4.3 Tercera Generación de Telefonía Celular.....	38
1.4.3.1 Proyección de la 3G .....	39
1.4.4. Perspectivas de las comunicaciones móviles (4G y 5G).....	40
1.4.4.1. Características de la cuarta generación (4G) .....	41
<b>2. Introducción a las redes telefónicas 3G</b> .....	42
2.1 Revisión general .....	42
2.1.1 3GPP Estándar de la 3G .....	43
2.1.2 IP en 3G.....	43
2.1.3 Ventajas y desventajas de IP en 3G.....	43
2.1.4 Evoluciones.....	44
2.1.5 Alcance .....	45
2.2 Fundamentos CDMA .....	45
2.2.1 Historia y evolución.....	45
2.2.2 Concepto de CDMA.....	46
2.2.3 Ensanchamiento de espectro.....	46

2.2.4 W-CDMA .....	47
2.2.5 Códigos CDMA, <i>Spreading codes</i> (Códigos de Ensanchamiento) .....	49
2.2.5.1 Propiedades básicas .....	49
2.2.5.2 M-Secuencias .....	50
2.2.5.3 Códigos ortogonales.....	58
2.2.5.4 Control de potencia.....	62
2.3 Arquitectura del sistema WCDMA .....	63
2.3.1 Protocolo de la interfase RAN de WCDMA. Arquitectura RAN en .....	63
WCDMA .....	63
2.3.2 Interfaz Iu .....	64
2.3.3 Estructura de protocolos Iu-PS .....	65
2.3.4 Estructura de protocolos Iur.....	66
2.3.5 Estructura de protocolo Iub.....	67
2.3.6 Protocolo Uu de la interfase de aire .....	68
2.4 Fundamentos de ATM .....	68
2.4.1 Descripción del proceso ATM .....	69
2.4.2 Enrutamiento.....	69
2.4.3 Formato de las celdas ATM.....	71
2.5 Interface de aire WCDMA .....	73
2.5.1 Tecnologías claves. Modelo de comunicación WCDMA .....	73
2.5.1.1 Codificación de fuente WCDMA .....	73
2.5.1.2 Código de dispersión OVVSF. (Factor de Dispersión de Variable....	
Ortogonal, Walsh).....	74
2.5.1.3 Código Scrambling: secuencia GOLD .....	75
2.5.1.4 Modulación QPSK.....	76
2.5.1.5 Receptor RAKE (rastrillo) .....	76
2.5.1.6 Control de potencia rápido WCDMA.....	77
2.5.1.7 Handover en WCDMA.....	77
2.5.2 Canales de Radio.....	78
2.5.2.1 Clasificación de los canales .....	78
<b>3. Streaming de video sobre redes telefónicas 3G .....</b>	<b>80</b>
3.1 Arquitectura de sistemas para streaming de video.....	80

3.1.1 El servicio de streaming proporcionado por InterHost (proveedor de servicios externo).....	83
3.1.1.1 Producción de contenidos .....	84
3.1.1.2 Publicación de contenidos.....	84
3.1.1.3 Almacenamiento .....	84
3.2 Compresión de vídeo.....	84
3.2.1 Compresión de vídeo digital .....	88
3.2.1.1 Necesidad de comprimir vídeo digital.....	88
3.2.1.2 Velocidad de bits.....	89
3.2.1.3 Estrategias de compresión .....	89
3.3 Control de QoS (Calidad de Servicio) en la capa de aplicación para streaming .. de vídeo.....	91
3.3.1 Introducción al QoS .....	91
3.3.2 Control de QoS en la capa de aplicación para streaming de vídeo .....	92
3.3.2.1 Servicio Adaptivo .....	93
3.3.2.2 Contratar servicio.....	94
3.3.2.3 Control de admisión de llamada y reservación de recurso .....	94
3.3.2.4 Mecanismos de multicast móvil.....	95
3.3.2.5 Escalando sub flujo.....	95
3.3.2.6 Planeación de subflujo .....	96
3.3.3 Control de error de la capa de enlace.....	98
3.3.3.1 Control de congestión .....	98
3.3.4 Control de Error .....	102
3.3.4.1 FEC .....	102
3.3.4.2 Retransmisión obligatoria del retardo .....	102
3.3.4.3 Resistencia al error en código .....	104
3.3.4.4 Encubrimiento de error.....	105
3.4 Servicios de distribución  continúa multimedia.....	106
3.4.1 Filtrado de red.....	106
3.4.2 Nivel de aplicación Multicast .....	108
3.4.2.1 Direccionamiento Multicast IP.....	109
3.4.2.2 Multicast en un segmento físico .....	110



4.1.1.2	Administración de usuario .....	137
4.1.1.3	Charging .....	138
4.1.1.4	Componentes de conectividad .....	138
4.1.1.5	Funciones Externas .....	139
4.1.1.5.1	Sistema Administrador de Contenidos .....	139
4.1.1.5.2	Editor de Medios .....	139
4.1.1.5.3	Nodo de soporte de enlace con GPRS .....	139
4.1.1.5.4	LDAP Directory Server .....	139
4.1.1.5.5	Servidor de perfiles de dispositivos.....	140
4.1.1.5.6	Sistema de cobro fuera de línea.....	140
4.1.1.5.7	Sistema de cobro en línea .....	140
4.1.1.5.8	Sistema de administración de clientes .....	140
4.1.1.6	Servidor Web .....	140
4.1.1.7	Servidor de streaming .....	140
4.1.1.8	Gateway de streaming .....	141
4.1.1.9	Servidores MTV .....	141
4.1.1.10	Base de Datos con información de contenidos (CIDB) .....	141
4.1.1.11	Base de datos de suscriptores .....	142
4.1.1.12	Base de datos Identidad .....	142
4.1.1.13	Servidor de carga FTP.....	142
4.1.1.14	Balancedores de carga.....	142
<b>5.</b>	<b>Alcance, funcionalidades y descripción de la solución .....</b>	<b>143</b>
5.1	Alcance de la solución.....	143
5.2	Funcionalidades provistas .....	145
5.2.1	Herramientas para la administración del contenido .....	145
5.2.2	Herramientas para la administración del proveedor de contenido.....	146
5.2.3	Interfaces de contenido .....	147
5.2.4	Billing y Charging .....	147
5.2.5	Formatos de streaming .....	148
5.3	Descripción de la solución .....	148
5.3.1	Arquitectura lógica de la solución .....	149
5.3.2	Capacidad del sistema .....	150

5.3.3	Requisitos para el dimensionamiento .....	150
5.3.4	Puntos de Integración.....	152
5.3.4.1	Billing & Charging .....	153
5.3.4.2	Estrategias de Facturación.....	155
5.3.4.3	Prepago y charging en tiempo real .....	155
5.3.4.4	Provisionamiento de usuarios.....	156
5.4	Componentes de software .....	156
5.5	Descripción del hardware .....	157
5.6	Impactos en GGSN y SGSN .....	157
5.7	Servicios .....	160
5.7.1	Posibles Mecánicas del servicio .....	161
5.7.2	Consideraciones.....	162
5.8	Interfaz de usuario .....	162
5.9	Análisis de la implementación.....	167
5.9.1	Puntos de acceso a la Red CDS Core.....	170
5.9.2	Factores a considerar para la integración de las diferentes partes .....	171
5.9.2.1	Integración del charging a la plataforma.....	171
5.9.2.2	Integración a provisionamiento.....	172
5.10	Análisis de impacto.....	173
5.11	Disponibilidad de contenidos .....	175
5.12	Protocolo de Pruebas de Aceptación.....	176
5.13	Time Plan .....	178
<b>6.</b>	<b>Requerimientos para la integración.....</b>	<b>179</b>
6.1	Requisitos del operador .....	179
6.2	Requerimientos de red .....	179
6.3	Requerimientos de transmisión .....	181
6.4	Requerimientos de Terminales .....	182
<b>7.</b>	<b>Propuesta de servicio.....</b>	<b>184</b>
7.1	Dimensionamiento de la solución.....	184
7.2	Operación del servicio (streaming).....	185
<b>8.</b>	<b>Beneficios de la implementación del servicio de streaming .....</b>	<b>194</b>
8.1.	Compatibilidad tecnológica.....	194

8.1.1 Compatibilidad con estándares.....	195
8.2 Propuesta económica.....	195
8.3 Comparativo Tecnológico.....	196
<b>Conclusiones.....</b>	<b>203</b>
<b>Anexo 1.....</b>	<b>206</b>
<b>Anexo 2.....</b>	<b>209</b>
<b>Anexo 3.....</b>	<b>232</b>
<b>Anexo 4.....</b>	<b>251</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>262</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>280</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

En un mundo de negocios en dónde las grandes y pequeñas empresas compiten por lograr los más altos niveles de penetración de sus servicios en el mercado, es sumamente importante brindar a los clientes una gama de productos y servicios de buena calidad que satisfaga sus necesidades.

Una de las más grandes necesidades de la humanidad fue, ha sido y será la comunicación, es por eso que la ciencia de las telecomunicaciones ha llegado a exceder expectativas que no solo satisfacen las exigencias de comunicación de la humanidad sino que ha alcanzado hasta el deleite de la misma. Un ejemplo de ello es el servicio de vídeo streaming que ofrecen algunas de las compañías de telefonía celular más grandes en el mundo y que impulsan a su vez, por el fenómeno de competencia, a que los medianos y pequeños operadores ofrezcan también este tipo de servicios, logrando con esto no solo tener un buen nivel de competencia sino cumplir con el gran desafío de “mutuo beneficio” en el ámbito de los negocios, es decir, el de los servicios que benefician tanto a los operadores como a los clientes.

De aquí que nuestra atención se vea atraída hacia ésta temática y por lo que el objetivo del presente trabajo de tesis es “proporcionar una solución para el servicio de vídeo streaming en una red telefónica 3G”, sin olvidar por supuesto, que nuestra meta es obtener el título de Ingenieros mediante la presentación de nuestra solución.

Para ello, en el desarrollo de éste trabajo de tesis, nos remontaremos al inicio de las Telecomunicaciones explorando la historia de las mismas muy brevemente, iremos desde sus precursores pasando por la regulación de las mismas hasta ubicarnos en el plano de las generaciones de la telefonía celular, para dar paso a una revisión general de las redes telefónicas 3G, pues nuestra solución se implementa en una red de éste nivel tecnológico,

Posteriormente abarcaremos el estudio del concepto de vídeo streaming sobre las redes telefónicas 3G, iniciando con la arquitectura de los sistemas para esta tecnología, el mecanismo para la compresión de vídeo, el control de QoS y finalizando con los protocolos de comunicaciones empleados.

Una vez familiarizados con la tecnología de vídeo streaming, daremos una breve descripción de la solución propuesta, el “CDS”, que incluirá las funciones y componentes del mismo, analizaremos el alcance de la solución, delimitando la capacidad del sistema, los puntos de integración, la compatibilidad con las redes, los impactos con el GGSN y SGSN, la interfaz del usuario, los servicios a proporcionar bajo este esquema, el análisis de impacto de la solución, el ATP, el Time Plan, las limitaciones, los requerimientos de transmisión, de red y de terminales.

Ahora estaremos listos para desarrollar la integración del servicio de vídeo streaming en la red telefónica 3G, presentando la solución y resaltando los beneficios que brindará, apoyados en el análisis financiero, la compatibilidad y comparativo tecnológico, con ello, demostraremos que el trabajo de tesis tiene altas expectativas de crecimiento, optimización de recursos y fomento de competitividad para cualquier operador de telefonía 3G que lo implemente, pues mejorará el servicio que brinde y evitará por supuesto que éste caiga en la obsolescencia tecnológica.

# 1. Historia de las Telecomunicaciones.

## 1.1 Revisión General.

Sin duda alguna el mayor progreso en las telecomunicaciones se ha dado en los últimos siglos y ha sido en gran medida gracias a los avances en la física y las matemáticas. Especialmente significativos fueron los descubrimientos en las áreas del electromagnetismo y la óptica.

En el año 1794, en plena revolución Francesa surgió la idea de inventar un nuevo sistema de comunicación, fue entonces cuando Claude Chape desarrollo el Telégrafo Óptico con su propio alfabeto, este dispositivo consistía de una columna con dos brazos movibles y un rayo de luz atravesada la estructura, con las combinaciones de los rayos de luz era posible mostrar diferentes cuadros que incluían como 196 caracteres (letras en mayúscula y minúscula, signos de puntuación, marcas etc.). La red de telégrafos constaba de 22 estaciones que unían a la población de Lille con la capital (Paris) separadas una distancia de 240 Km. y tomaba solo de 2 a 6 minutos transmitir un mensaje, leerlo e interpretar los símbolos podía tomar alrededor de 30 horas.

1809 El Alemán Samuel Thomas Soemmerring (1755-1830) inventó el telégrafo electro-químico cuyo principio se basaba en convertir agua en hidrógeno y oxígeno con electricidad. Por su parte Hans Crinstian Oersted encontró que un hilo por el que circulaba corriente hacía que se desviase una aguja imantada, demostrando que la electricidad podía producir magnetismo, siendo que antes se consideraban fenómenos independientes.

En 1820 André Marie Ampere, amplió las observaciones de Oersted, inventó una bobina consiguiendo la magnetización. Casi simultáneamente Georg Simon Ohm publicó su ley que relacionaba la corriente la tensión y la resistencia.

En 1831, Michael Faraday demostró que un campo magnético variable podía producir una corriente eléctrica, utilizando para ello un imán en movimiento y viendo la corriente inducida en un hilo próximo.

Entre los años 1833-1837 Carl Friedrich Gauss (1777-1835) y Wilhelm Weber (1804-1891) inventan varios telégrafos electromagnéticos. Weber realiza una conexión entre Göttinger Sternwarte y la Universidad con dos alambres.

En 1842, Joseph Henry, inventor de la telegrafía de hilos, demostró que con un circuito de descarga podía magnetizar agujas situadas en el sótano, dos pisos más abajo. Utilizando un hilo vertical detectó rayos a una distancia de unos 12 Km.

Dos años más tarde Samuel Findley Breese Morse, nacido en 1791 en Charlestown (USA), perfeccionó en este año su código Morse para telegrafía, después de su presentación al mundo en 1835. Gracias a este avance se realiza

la primera transmisión telegráfica entre Washintong y Baltimore el 14 de mayo de este año, el mensaje fue un pasaje bíblico.

En 1853 Se inventa el Telégrafo por cable para transmisión simultánea en ambas direcciones (modo dúplex), se usa el método de compensación, propuesto por el físico austriaco Julius Wilhelm Gintl. Un año después en 1854, Carlos Bourseul, en Francia, sugirió la idea de un diafragma conectado a uno de los dos contactos de una línea telegráfica, de modo que las vibraciones del diafragma al abrir y cerrar el circuito pudiese producir corrientes intermitentes en la línea de la misma frecuencia que las ondas sonoras que actuaban sobre el diafragma. Explicó además que un diafragma semejante, colocado cerca de un electroimán en el otro extremo de la línea, debía vibrar por la atracción magnética y reproducir el sonido primitivo. Ninguna aplicación práctica se derivó de esta idea; pero en 1861, Felipe Reis, en Alemania, construyó un aparato que realizaba prácticamente el mismo propósito. Reis denominó a su instrumento " teléfono " y consiguió transmitir sonidos musicales con gran éxito; pero la transmisión del lenguaje resultó en general imperfecta.

En 1861 Philip Reis demostró a varios profesores Alemanes su invento, el primer teléfono con posibilidad de transmisión de 90 metros, el uso una membrana animal excitada por un contacto eléctrico para producir sonidos, la recepción se lograba con un inductor galvánico oscilando de la misma forma que la membrana. En 1866 El primer cable submarino trasatlántico hace posible el telégrafo trasatlántico entre USA- Francia.

En 1873, los experimentos de Faraday permitieron a James Clerk Maxwell, profesor de la Universidad de Cambridge en Gran Bretaña, establecer la interdependencia de la electricidad y el magnetismo. En su A treatise on Electricity and Magnetism publicó la primera teoría unificada electromagnética. Postuló que la luz era de naturaleza electromagnética y que era posible la radiación a otras longitudes de onda.

En 1874 se inventa el Código de Emil Baudot utilizado en las primeras transmisiones telegráficas y telegráficas. Un año más tarde Edison descubrió que las chispas de los interruptores eléctricos producían radiaciones, en 1885, patentó un sistema de comunicaciones utilizando antenas monopolo con carga capacitiva.

Por ese mismo año, Alexandro Graham Bell, profesor en la Universidad de Boston, se interesó en el estudio de los aparatos telegráficos "múltiplex", asunto popular en aquel tiempo, a causa del rápido desarrollo de la industria telegráfica. Concibió la idea de transmitir varias señales por un solo hilo, mediante un cierto número de pares de resortes de acero telegráfico. Bell creía que se podían unir a los extremos de una línea telegráfica simple un cierto número de estas unidades y que se podrían enviar así al mismo tiempo varias señales, si cada par de resortes estaba ajustado a una distinta frecuencia de vibración. Aunque él construyó diferentes modelos de estos aparatos telegráficos múltiples, nunca consiguió que funcionasen satisfactoriamente. Durante estos ensayos indicó a varios amigos la

posibilidad de transmitir eléctricamente la palabra hablada, y es evidente que conocía los intentos hechos por Reis en ese sentido.

La patente por el invento del teléfono fue obtenida el 7 de marzo de 1876, y resultó ser la más valiosa que se haya obtenido nunca en cualquier país. El aparato fue presentado en la Exposición del Centenario, en Filadelfia. En 1921 había próximamente 13 millones de teléfonos conectados a las líneas de la American Telephone and Telegraph Company, y medio millón más sin considerar la propiedad; es decir, uno por cada ocho personas. Sus circuitos contenían 40.000.000 de kilómetros de hilo y sus empleados pasaban de 231.000. El promedio de los despachos transmitidos diariamente en esta red excedían los 33.000.000.

Se organizó entonces la Bell Telephone Company, asociación de propietarios de patente "Bell", y empezó a alquilar teléfonos para usos privados a 10 dólares por año. En 1878 se formó la American Speaking Telephone Company, subsidiaria de la Western Union Telegraph Company, y procedió a construir teléfonos del tipo Bell, en abierta competencia con la primera compañía. Por ese año se instala la primera central Telefónica en New Haven, USA, constaba de un cuadro controlador manual de 21 abonados. Se hizo una importante mejora en el teléfono, casi simultáneamente por Emilio Berliner y Tomás A. Edison quienes, independientemente, indicaron la sustitución de un micrófono como transmisor en vez del transmisor electromagnético de Bell. El micrófono de Berliner contenía una pequeña prominencia de metal mantenida en ligero contacto con una placa unida al centro del diafragma emisor, mientras que el micrófono de Edison contenía un contacto semejante de carbón con una placa de metal. En ambos aparatos, la cambiante presión de las ondas sonoras sobre el diafragma produce una variación correspondiente en la resistencia del contacto en el micrófono, haciendo con esto que la corriente en la línea varíe en intensidad con la misma frecuencia que las ondas sonoras. Reis hubiera obtenido un resultado semejante si hubiese impedido a su diafragma vibrante abrir el circuito.

En los años siguientes, el avance en las telecomunicaciones fue vertiginoso. Después del invento del hilo de cobre estirado a mano, llevado a cabo por Thomas B. Doolittle, se construyó una línea telefónica entre Boston y Nueva York y empezó a funcionar en 1884. En esta época llegó a ser tan grande la congestión de hilos aéreos en la ciudad de Nueva York, que se consideró necesario tenderlos en cañerías subterráneas. Entre los años 1887-1888 H. Hertz probó la validez de las teorías de Maxwell. Para su experimento Hertz utilizó un dipolo alimentado en su centro con las descargas de una bobina. Como antena receptora usó una espira cuadrada con un entrehierro en el que se producían descargas. Hertz consiguió sintonizar el sistema añadiendo esferas a los brazos del dipolo, equivalentes a carga capacitiva y bobinas serie y condensadores en paralelo a la espira receptora.

En 1892 Se logra el primer intercambio telefónico automático usando marcación sin operadora. En 1894 El Italiano Marconi efectúa la transmisión de señales

inalámbricas a través de una distancia de 2 millas. El sabio inglés Lodge, en el Real Instituto de Londres, utilizando un excitador Hertz y un cohesor Branly, establece la primera comunicación en Morse a 36 metros de distancia. En este mismo año, llegan a México los conductores aislados, lo cual permitió corregir la calidad de las transmisiones. Fue la sustitución del alambre por cable. Así comenzó la mejora tanto en el aparato telefónico como de infraestructura.

En 1895 El profesor ruso de matemáticas de la Universidad de Kazán, Alejandro Popoff, inventa la antena que asoció al tubo de limaduras de Branly para detectar tormentas lejanas. El ingeniero italiano Guillermo Marconi realiza su primer experimento de transmisión de señales radioeléctricas a poca distancia. Marconi transmite señales Morse, sin ayuda de alambre de unión, a una distancia de milla y media.

En 1896 Marconi patenta un dispositivo de perfeccionamiento en las transmisiones de impulsos y señales eléctricas. Con lo que se evoluciona a la radiotelegrafía. En 1897 Se instala la primera estación Marconi en la isla Wight.

En 1898 El 3 de junio Marconi inaugura el primer servicio radiotelegráfico regular entre Wight y Bournemouth, de 23 km. de distancia. Se constituye en Londres la primera sociedad telegráfica, The Wireless Telegraph & Signal Co., siendo nombrado Marconi su director para explotar la telegrafía sin hilos.

1899 El día 28 de marzo Marconi asombra con la primera comunicación por radio entre Inglaterra y Francia a través del Canal de la Mancha. Las primeras palabras fueron para Branly, descubridor del cohesor. En ese mismo año se inauguró la primera central automática en Princentown USA.

El 12 de Diciembre de 1901 Marconi estableció la primera -comunicación transoceánica entre Cornualles en Gran Bretaña y Terranova, en Canadá. La frecuencia utilizada fue 820 Khz. (366 m). La potencia del transmisor eran 15 kW. La antena transmisora era un monopolo en abanico, soportado por dos mástiles de 48 m separados 60 m. La antena receptora fue un hilo metálico, suspendido de una cometa.

1906 Se construye en América el primer sistema para transmisión de voz a través de ondas electromagnéticas. Comienzo de la era Electrónica: rectificadores, triodos, válvulas termoiónicas, amplificadores, etc.

En la década 1910-1919 también se introdujeron nuevas técnicas, como las ayudas a la navegación, las comunicaciones con submarinos sumergidos y los sistemas de control a distancia. Nace la transmisión AM, usando una frecuencia portadora modulada por una señal de voz. En 1910 se inventa el tubo de Vacío, dispositivo que permite transmitir voz a través de largas distancias y mas de una conversación sobre el mismo cable. En 1915 La Compañía De Telégrafos Del Oeste (USA) transmite la palabra por radiotelefonía desde Vermont a San Francisco, Hawai y París.

1919 Se descubre la memoria binaria (conmutador), construido con dos triodos. El técnico investigador David Sarnof de la RCA, presenta a la dirección comercial y a los técnicos de esta compañía su proyecto del primer receptor de radio para uso público, siendo rechazado por unanimidad por no considerarlo rentable. Las primeras antenas de radiodifusión eran muy similares a las utilizadas para las comunicaciones punto a punto, pero pronto evolucionaron hacia el radiador de media onda, que ofrecía la ventaja de la cobertura omnidireccional.

Los primeros experimentos de televisión se iniciaron en Gran Bretaña. En 1925 John Logie Baird presentó un sistema de exploración mecánica de las imágenes.

Fue en 1924 en México cuando la compañía Ericsson inauguró la primera central telefónica automática conocida como la Central Roma, ésta comenzó a funcionar dos años más tarde con una capacidad de diez mil líneas. Al siguiente año, 1 de julio de 1928, hubo comunicación telefónica con Europa. Esta comunicación fue la combinación de líneas telefónicas de tierra y circuitos radiotelefónicos a través del Atlántico. En el servicio transoceánico quedaron incluidas las ciudades del Distrito Federal, Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey, Tampico y Nuevo Laredo las cuales podrían comunicarse en Europa con Inglaterra, Escocia, Gales, Alemania, Holanda, Bélgica, Francia, Suecia y Dinamarca con España sería hasta el 30 de noviembre.

1925 Se descubre la Modulación en frecuencia (FM) con lo que se logra alta calidad del sonido para la radiodifusión.

1928 El físico alemán Paul Nipkow, inventor de la televisión realiza la primera transmisión inalámbrica de imágenes.

En los primeros decenios del siglo XX las frecuencias de trabajo, en las bandas de LF, MF y HF, hacían que las antenas tuvieran unas dimensiones mucho menores o comparables a la longitud de onda. En dichas bandas los circuitos se pueden considerar como de elementos concentrados. Las bandas de microondas no están claramente definidas, pero se entiende que empiezan a partir de UHF, hasta banda X. En dichas bandas las antenas son mucho mayores que la longitud de onda, y los circuitos son de elementos distribuidos.

En 1932 ya se había perfeccionado el sistema de radar, y se podían detectar aviones a una distancia de 80 kilómetros del transmisor. Las primeras experiencias con un radar pulsado en USA se realizaron en el NRL, en Abril de 1936, con un sistema a la frecuencia de 28.3 MHz y un ancho de pulso de 5 microsegundos. Al cabo de unos meses el alcance se aumentó en 40 Km.

En 1935 En Gran Bretaña se iniciaron los estudios sobre el radar cuando se propuso a Sir Robert Watson-Watt la construcción de un haz destructor con ondas de radio. Las conclusiones del estudio fueron que no era viable, pero recomendaba estudiar el problema de la detección de objetos. En 1935 1936 se

probó un sistema de interferencia de onda continua a 6 MHz. En 1935 se probó un sistema pulsado a 12 MHz, con un alcance de 40 millas. En otros países como Francia, Rusia, Italia y Japón también se hicieron experimentos de interferencia en sistemas de comunicaciones de onda continua, e incluso Francia y Japón instalaron sistemas que se revelaron poco útiles en general.

1935 Se construyen los primeros cables coaxiales y multipar para propósitos de comunicación. 1936 El ingeniero norteamericano Armstrong desarrolla los estudios técnicos para la puesta en práctica de la FM.

1936: Las primeras transmisiones experimentales de TV electrónica se realizaron durante los juegos Olímpicos de Berlín en 1936. Las emisiones regulares de la BBC comenzaron el mismo año. Se utilizaba la frecuencia de 45 MHz. La antena transmisora era una agrupación circular de dipolos.

La segunda guerra mundial supuso un esfuerzo considerable en el desarrollo de todas las tecnologías asociadas a las comunicaciones ya los sistemas de radar. Las investigaciones realizadas sentaron las bases para los desarrollos futuros de sistemas de aplicación civil. Durante la segunda guerra mundial hubo un considerable esfuerzo en los sistemas de microondas, para aplicación a los sistemas de radar. Se usaron los reflectores, lentes, bocinas, que ya se habían diseñado a finales del siglo XIX, para demostrar las teorías de Maxwell.

Durante esta época se utilizaron las guías de onda abiertas para alimentar reflectores o lentes, y las bocinas como radiadores poco directivos. También se desarrollaron las bocinas con dos modos para controlar la distribución de Campos en la apertura.

En 1936 la RBC inició la emisión de TV, utilizando sistemas mecánicos y electrónicos. Pronto se demostró la superioridad de los sistemas electrónicos.

Durante la siguiente década se -demostraron las ventajas de aumentar el ancho de banda y la frecuencia (VHF). En 1939 La NBC comienza la difusión de señales de televisión comercial.

En 1940 Es instalado el primer servicio de radio teléfonos por "Deutsche Reichspost entre Berlín y New York. Son probados en USA los primeros programas de TV a color.

En 1945 Arthur C. Clarke, propuso en 1945 la utilización de los satélites geoestacionarios para los sistemas de comunicaciones de cobertura mundial. Un satélite en órbita circular ecuatorial de radio 42.242 vería siempre en la misma zona. Un satélite cubriría casi un hemisferio y con tres satélites espaciados 120 grados se tendría una cobertura mundial.

En 1946 Eckert y Mauchly desarrollaron la primera computadora totalmente electrónica conocida como ENAC, la cual contenía 1500 relés y acerca de 18000

tubos. El consumo de energía era de 150 kW, su peso de 30 toneladas aproximadamente y cubría un área de 140 metros cuadrados además era 1000 veces mas rápida que MARK 1.

En este mismo año, comenzó la gran expansión de la televisión. También Edwin H. Armstrong demostró la mejora de sonido en las transmisiones de radio, utilizando modulación de frecuencia en la banda de VHF.

En 1957-URSS- Fue lanzado al espacio el primer satélite por la URSS, era una esfera con un diámetro de 58 centímetros y un peso de 84 kilogramos, su nombre Sputnik.

El 18 de Diciembre de 1958 se lanzó el SCORE (Signal Communicating by Orbiting Relay Equipment). La órbita era elíptica de baja altitud, con un período de 101 minutos. El satélite grababa el mensaje al pasar por una estación y lo reproducía frente a otra estación receptora. La longitud máxima del 'mensaje era de 4 minutos, equivalente a un canal vocal o setenta canales de teletipo de 60 palabras por minuto. La frecuencia del enlace ascendente era 150 MHz y el descendente de 132 MHz. Había -un radiofaro a 108 MHz. Las baterías del sistema fallaron a los 35 días.

Es en 1960 cuando la NASA puso en órbita a "Echo I A", el primer satélite de comunicaciones era una gran esfera metálica de 30m de diámetro localizada a una altitud de 1600 Km. que reflejaba las señales radioeléctricas que recibía. Repetidor pasivo, sin ningún tipo de baterías o repetidores. Los períodos de rotación eran de 118 y 108.8 minutos. La órbita era muy baja, por lo que los satélites sólo eran visibles simultáneamente desde dos estaciones unos pocos minutos. La potencia de los -transmisores era de 10 kW, las frecuencias de 960 MHz y 2390 MHz, y las antenas de 25 y 18 m de diámetro.

En 1961 IBM Alemania introduce el concepto de Tele-Procesamiento. Los datos transmitidos serial o paralelamente a través de una línea telefónica pueden ser re procesados directamente en un computador. En el mes de Diciembre es puesto en órbita el primer satélite artificial "OSCAR I" para el uso de los radioaficionados.

En el verano de 1962 fue lanzado el satélite de comunicaciones Telstar, patrocinado por el sistema Bell y la Nasa; fue el primero en funcionar con el sistema de microondas. Esto permitió que las ciudades de México, Monterrey y Nuevo Laredo mejoraran su servicio de conmutación automática de larga distancia, ya que las operadoras mexicanas pudieron marcar el número telefónico de cualquier abonado incluido en la ruta, además de los respectivos de Canadá y Estados Unidos. El sistema fue inaugurado el 11 de enero de 1963 por el presidente López Mateos y el entonces secretario de Comunicaciones y Transportes, Walter C. Buchanan.

En 1963 es puesto en órbita el TELSTAR II. En ese mismo año es lanzado al mercado el primer, en ese mismo año sale al mercado el primer mini-computador

comercial. Entre los años 1963-1964 Los satélites SVNCON II, y III fueron los primeros puestos en órbita geoestacionaria, en 1963 y 1964. El primero, de la serie falló durante el lanzamiento. En 1964 el ECHO II es lanzado el 25 de Enero de 1964. En 1965 se logran las primeras fotografías del planeta Marte transmitidas desde el satélite Mariner 4.

En 1965, el primer satélite comercial en órbita geoestacionaria fue el INTELSAT I, también llamado Early Bird. Fue lanzado el 6 de Abril de 1965 y estuvo en operación hasta 1969. Las comunicaciones se iniciaron de forma operativa el 28 de Junio de 1965. El satélite tenía dos transpondedores de 25 MHz de ancho de banda. Los enlaces ascendentes estaban a 6301 MHz para Europa y 6390 MHz para Estados Unidos. Los enlaces descendentes estaban a las frecuencias de 4.081 MHz y 4161 MHz. Con dicho satélite se inicia la actual época de telecomunicación espacial. La organización INTELSAT, organización internacional de satélites, inició sus actividades en 1964, con 11 países miembros, en la actualidad tiene 109 miembros y da servicio a 600 estaciones terrenas en 149 países. Las series de satélites van desde los INTELSAT I a INTELSAT VII. El INTELSAT I podía transmitir 240 canales vocales o un canal de TV. En 1968 los satélites de la serie INTELSAT III se empezaron a lanzar en 1968, podían transmitir 1200 circuitos telefónicos y 2 canales de TV.

1971: Los de la serie IV se empezaron a lanzar en 1971, con 4000 canales y 2 de TV.

En 1979 se crea INMARSAT, organización internacional de satélites marítimos, y permite la comunicación a través de satélite con barcos. Se utilizan satélites MARECS. Dichos satélites distribuían inicialmente la señal a las estaciones locales y redes de cable, pero en la actualidad pueden ser recibidos por usuarios individuales. Destacan los satélites europeos ECS y ASTRA, que trabajan en la banda de 10.9 a 11.7 GHz y los satélites americanos en la banda de 3.7 a 4.2 GHz. Los satélites de difusión directa (DBS) tienen asignadas unas frecuencias diferentes, de 11.7 a 12.5 GHz, y podrán ser recibidos con antenas de diámetro reducido y receptores de bajo coste.

En 1966 el científico Charles Kao de USA fue el primero en usar la luz a través de un conductor de fibra de vidrio para transmitir llamadas telefónicas. En 1969 Nacimiento de Internet, gracias al desarrollo de la red de computadores ARPANET por VP Algora. En 1970 Se uso oficialmente el método de Múltiplexación por división de tiempo (TDM) para intercambio telefónico.

En 1977 Fue el año con mayor número de lanzamientos de satélites de comunicación (SIRIO I, CS, INTELSAT4), Siemens empezó la producción en masa de las centrales telefónicas EWS.

SONY desarrolla el primer radio cassette. El 16 de julio se funda INMARSAT. Japanese Matsushita Inc. patenta la pantalla de televisión de cristal líquido.

1980 Varias firmas japonesas lanzan al mercado los primeros receptores de radio sin condensador variable de sintonía, que es sustituido por un sintetizador PLL y

un teclado numérico para marcar las frecuencias. Se incrementan las capacidades de almacenamiento en los microchips 64 megas. Se posiciona en el mercado el primer computador portátil. Se introduce la tecnología de banda ancha para transmisión usando Mhz de BW. Se pueden realizar videoconferencias.

En 1981 Se introduce la tecnología de sonido multicanal. Los primeros CD player y discos compactos se posicionan en el mercado. En 1983 Es el año de los computadores personales, discos flexibles y dispositivos de almacenamiento de información.

En 1987 Se empieza a utilizar el Nuevo formato de audio digital (DAT) donde la portadora de sonido excede en velocidad de grabación. En 1990 La comisión europea Rocket "Ariane", localiza uno de los mas grandes satélites de comunicación en el Eutelsat IIF1 con un peso de 1.8 tons. Y 16 canales que pueden soportar 17000 llamadas telefónicas o 16 canales de TV a color en el tráfico de datos. En 1992 empieza a funcionar el GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles).

En 1996 Terry Wynne da la idea del más grande proyecto en cuanto a redes a nivel mundial el WWW; Se desarrolla el software para transmitir voz telefónica y música de alta calidad a través de Internet; Es privatizada parcialmente Telefónica de España, lo que ha resultado de los mayores éxitos en la privatización de operadores públicos de telecomunicaciones.

En 1998: Sistemas de redes Ópticas pueden transmitir 3.2 Terabits por Segundo (equivale a 90.000 volúmenes de una enciclopedia). Crean el Chip DSL (Suscriptor de Línea Digital) que puede bajar datos a 1.5 megabits por segundo, 30 veces más rápido que los módems análogos.

## **1.2 Historia de la telefonía en México.**

El 13 de marzo de 1878 se efectuó el primer enlace telefónico entre la ciudad de México y la población de Tlalpan. Se logró comunicación a una distancia de 16 kilómetros. El 15 de diciembre del mismo año, se establece oficialmente el servicio telefónico al otorgársele un premio a la Alfred Westrup & Co., para que instalara una red que uniera a las comisarías de policía que, en aquel entonces, ascendían a seis, con la inspección General, la oficina del gobernador de la ciudad y el Ministerio de Gobernación.

En 1883 se logró la primera comunicación internacional entre la ciudad de Matamoros, Tamaulipas y la ciudad de Brownsville, Texas. Así comenzó una larga cadena de éxitos en lo que se refiere a telefonía nacional.

En 1892, se obtiene el registro legal de concesión del servicio público telefónico de las ciudades de México, Puebla, Oaxaca, Guadalajara y Veracruz.

Al siguiente año se introduce el conmutador múltiple completo o metálico, con una capacidad de dos mil líneas, de las cuales mil eran para uso inmediato, por supuesto que esto representó para la Compañía Telefónica Mexicana un esfuerzo mayor, ya que se devaluó el peso mexicano de 51.7 centavos de dólar a 46.34.

En 1903 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas otorga la concesión por 30 años al señor José Sitzenstätter para la explotación del servicio telefónico en la capital y alrededores. El señor Sitzenstätter se relacionó con la L.M. Ericsson ofreciéndoles la venta de la concesión y fue el 19 de abril de 1905 cuando se llevó a cabo el traspaso.

En noviembre del mismo año se le concede un nuevo contrato a la Compañía Telefónica Mexicana, por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. A causa de esta renovación del contrato de la Compañía Mexicana, así como, la concesión otorgada al señor Sitzenstätter, se duplicaron los servicios, obligando a las dos empresas a mejorar sus servicios.

Fue en octubre de 1904 cuando la empresa de Teléfonos Ericsson, S.A, filial de la matriz sueca Mexikanska Telfonaktiebolaget Ericsson, inauguró su servicio con 300 suscriptores, y para finales de ese mismo año contaba ya con 650.

El 18 de febrero de 1905 la Compañía Telefónica Mexicana aumentó su capital y cambió de nombre a Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A.

En 1911, la empresa Ericsson construye las líneas a Tlalnepantla y Cuautitlán, así se inicia el servicio interurbano; también se importan de Alemania postes de acero de 20 y 24 metros, estos se instalan en las colonias Roma y Juárez.

Ericsson crece en un período de cuatro años hasta alcanzar la cifra de 7,000 suscriptores, la misma cantidad que la empresa mexicana. Este avance se debió a la superioridad técnica de su aparato telefónico con el cual se obtenía una mejor calidad en la transmisión.

Fue en 1914, que a causa de la escasez de material telefónico, las compañías telefónicas frenaron el ritmo de crecimiento que estaban sosteniendo, esto al inicio de la primera guerra mundial ya que la materia prima era utilizada para la fabricación de armamentos.

Fue en 1924 en México cuando la compañía Ericsson inauguró la primera central telefónica automática conocida como la Central Roma, ésta comenzó a funcionar dos años más tarde con una capacidad de diez mil líneas.

El servicio de larga distancia nacional creció rápidamente y en poco tiempo se interconectó a la capital con las ciudades de San Luis Potosí, Puebla, Tampico, Saltillo y Monterrey. La empresa Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A., el 29 de septiembre de 1927, enlazó la primera conferencia telefónica entre México y Estados Unidos siendo los protagonistas, el general Plutarco Elías Calles y Calvin

Coolidge, respectivamente. Dos meses después, el 29 de noviembre, se inauguró la línea telefónica entre México y Canadá.

En 1946 la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. adoptó el sistema de seis cifras, anteponiendo un 3 y cambiando la letra que usaba como prefijo por el dígito que correspondía en el disco del aparato telefónico. El 2 de agosto de 1946, el gobierno anunció el enlace de la compañía Ericsson y Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. El costo de la fusión de líneas ascendió a 12 millones de pesos, cantidad destinada a la compra de aparatos, los primeros en su género, diseñados durante cuatro años por técnicos holandeses y norteamericanos.

A finales de la década de los cuarenta, en México se vivía un proceso de industrialización acelerado; bajo ese marco, el 23 de diciembre de 1947 se constituyó Teléfonos de México, S. A. (Telmex). Iniciando operaciones el 1 de enero de 1948.

La constitución de Teléfonos de México se debió a las negociaciones entre L. M. Ericsson de Estocolmo y Axel Wenner-Green, interesados en que una empresa mexicana asumiera el servicio que prestaba la Empresa de Teléfonos Ericsson, S. A., la cual era financiada desde 1929 con capital extranjero.

Durante su primer año de labores, Telmex se dedicó a enlazar en forma automática los dos sistemas telefónicos existentes: el suyo y el de la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A.; trabajo que fue inaugurado por el presidente Alemán el 9 de enero de 1948.

El 29 de abril de 1950, Teléfonos de México adquiere la Compañía Telefónica y Telegrafía Mexicana, S. A. Mediante un acuerdo entre el gobierno mexicano, Wenner-Gren, la ITT y la L. M. Ericsson.

Para finales de 1950, Telmex aumentó el 4.3 por ciento del número de aparatos, lo que implicó la ampliación de la capacidad de plantas y de circuitos de larga distancia en 32 poblaciones del país.

Durante el período de 1950 a 1952, se inauguraron 32 oficinas telefónicas incorporadas a la red nacional, ya que en el Distrito Federal había una demanda acelerada de suscriptores. La creación de estas oficinas fue posible gracias a la capacitación de su personal en la Escuela Nacional de Telecomunicaciones, facilitando incluso la instalación del servicio radiotelefónico en México y Venezuela.

En 1953, a un año del gobierno de Ruiz Cortines, se puso el servicio de microondas entre el Distrito Federal y Puebla, con 23 canales telefónicos, y se introdujo el servicio medido.

En 1956, Telmex decide proveerse de equipo telefónico fabricado en el país, por lo cual se constituyó, el 5 de diciembre, la compañía Industria de Telecomunicación, S. A. de C. V. (Indetel), con capital de L. M. Ericsson y la ITT.

El 30 de octubre de 1957, se inauguró el servicio de télex entre el Distrito Federal y Acapulco, Guerrero; aunque tres meses antes un sismo sacudió a la ciudad de México, lo cual afectó a más de 1,500 suscriptores.

La mexicanización de Telmex inició en el verano de 1958, cuando se llevaron a cabo, en Estocolmo, Suecia, las reuniones entre los representantes mexicanos y los directivos de las empresas L. M. Ericsson e ITT con el fin de obtener permiso de transacción ante el departamento de control de cambios del Banco de Suecia y conseguir la garantía del precio de intercambio. Para agosto del mismo año, Ericsson de México dejaba de operar en el país, después de más de 50 años.

En 1960, se instalan las primeras 10 casetas telefónicas públicas en la ciudad de México; la empresa tiene una destacada participación en el mercado accionario neoyorkino; introduce el inicio del sistema aire seco; aumenta el servicio de larga distancia, e instala el servicio de conmutación automática entre Cuernavaca y el D.F.

En el verano de 1962 fue lanzado el satélite de comunicaciones Telstar, patrocinado por el sistema Bell y la Nasa; fue el primero en funcionar con el sistema de microondas. Esto permitió que las ciudades de México, Monterrey y Nuevo Laredo mejoraran su servicio de conmutación automática de larga distancia, ya que las operadoras mexicanas pudieron marcar el número telefónico de cualquier abonado incluido en la ruta, además de los respectivos de Canadá y Estados Unidos. El sistema fue inaugurado el 11 de enero de 1963 por el presidente López Mateos y el entonces secretario de Comunicaciones y Transportes, Walter C. Buchanan.

El 14 de mayo de 1963 se llevó a cabo la primera transmisión televisiva desde Cabo Cañaveral, USA, hacia México, con la intención de cubrir el lanzamiento al espacio del astronauta estadounidense Gordon Cooper. Telmex transmitió el acontecimiento a través del sistema de microondas, entonces equipado con dos canales, uno de operación y otro de reserva con 21 estaciones repetidoras. Mientras tanto en el interior de la República, inició el servicio del tipo Pentaconta<sup>1</sup>, el primero en América Latina, el cual permitía la coordinación automática de llamadas con el sistema de selectores tipo **Crossbar**<sup>2</sup> (**barra cruzada**), con un cierre de contactos entre 30 y 50 mil milisegundos; así como la instalación de 28 centrales del sistema télex para grandes empresas.

---

<sup>1</sup> Los sistemas pentaconta fueron los primeros sistemas de conmutación telefónicos

<sup>2</sup> Interruptores dispuestos en un panel de forma horizontal.

El acontecimiento más importante de 1968 fue la transmisión de los Juegos Olímpicos, ya que para ello se debió instalar una red subterránea con una longitud de 284 km de ductos, 203 400 km de conductores y 19 840 teléfonos en cables y el primer cableado coaxial en el mundo para troncales urbanos.

En 1969, México participa como vicepresidente del consejo de directores de la Organización Mundial de Telecomunicaciones Vía Satélite (Intelsat); organismo que permite la consolidación del servicio a larga distancia, con una comunicación directa a Roma, Italia, para luego hacerlo a otros países de América del Sur y Europa.

En 1970, Telesistema Mexicano queda comunicado con más de mil líneas en el Distrito Federal, 334 en Guadalajara, 291 en León, 247 en Toluca y 247 en Puebla, para la transmisión del Campeonato Mundial de Fútbol, celebrado en México; evento para el que, además, se contó con 100 casetas de larga distancia instaladas en los centros de prensa y 129 líneas privadas para el uso de télex y teléfono

El 20 de julio de 1970 se inauguró el nuevo sistema automático de larga distancia (Lada 95), el primero en su tipo en América Latina; la primera conexión se hizo entre Toluca y Washington, D.C.

Transcurre el año de 1970; el nuevo gobierno dio impulso a las telecomunicaciones. Se continuó con el desarrollo de la telefonía vía satélite así como su expansión. Se conectaron 39 circuitos los cuales permitirían a México comunicarse directamente con Argentina, Brasil, Colombia, Chile, España, Francia, Inglaterra, Italia, Japón, Panamá, Perú y Venezuela, para tal efecto se utilizó la antena de telecomunicaciones instalada en Tulancingo, Hidalgo.

Para mejora del servicio público las sucursales de todo el país fueron provistas de centrales automáticas del tipo "Pentaconta", fabricadas por Indetel; la necesidad de equipo telefónico lleva al gobierno federal a adquirir de la L.M. Ericsson de Estocolmo las acciones del capital social de la empresa Teleindustria, S.A. de C.V.

El 16 de agosto de 1972 el gobierno federal adquiere el 51 por ciento de las acciones de su capital social, por lo que dejó de ser privada y pasó a tener participación estatal mayoritaria. Con este convenio el gobierno tendría la exclusividad de las acciones comunes de la serie AA.

Al mismo tiempo de realizado este convenio, el servicio de larga distancia nacional e internacional se amplió a casi todas las entidades de la República. Fue así como en el Distrito Federal se centralizó el tráfico de servicio y se instaló el equipo más moderno del sistema Lada y el de operadora. El equipo se centró en el centro telefónico San Juan el cual inició su servicio el 16 de febrero de 1973, considerándose el más moderno de Latinoamérica por contar con un cerebro electrónico que permitía la comunicación hacia el interior y exterior del país.

La telefonía digital sustituyó y perfeccionó el sistema analógico a través de la codificación de la voz en forma binaria, esto se logró gracias a la computación que permitía el uso de la información con rapidez.

Alec Reever fue quien en 1938, en Francia, patentó la codificación PCM (Modulación por Pulsos Codificados). La función es la transmisión y transcripción de información por medio de una serie de dígitos binarios. A causa de los limitados avances tecnológicos de esa época, no se logró el desarrollo esperado. No fue sino hasta 1969 cuando el sistema MIC se instaló en la red troncal metropolitana de nuestro país.

Utilizando como base este antecedente, el 26 de junio de 1980 Teléfonos de México se incorpora al uso de sistemas digitales, sus ventajas en comparación con los sistemas analógicos son:

- Menor sensibilidad a distorsión e interferencia
- La conmutación fue más fácil de instrumentar
- Diferentes tipos de señales pueden ser tratadas como señales idénticas tanto en la conmutación como en la transmisión
- Se pueden transmitir varios canales telefónicos por un mismo circuito, ya que se utilizan 30 canales por cada dos pares telefónicos
- Reducción de espacio para el equipo digital, el cual ocupa un 25 por ciento del convencional
- Es importante mencionar que en las centrales digitales utilizan dos tipos de equipos: el sistema 12 de Industrias de Telecomunicación, S.A. (Indotel) y el sistema AXE-D de Teleindustria Ericsson, S.A.

En este año se llevaron a cabo nuevos avances técnicos. El primero fue la puesta en operación del servicio del sistema autotelefónico radiomóvil, que prestaba la empresa filial Radiomóvil DIPSA, operando en las bandas radiofónicas de 450-470 y 470-512 megahertz. El segundo, instalación de los primeros enlaces con fibras ópticas y la inauguración en la ciudad de Tijuana de la primera central electrónica digital de larga distancia en México, de la filial Teléfonos del Noroeste.

En el último año del sexenio del presidente López Portillo, y a pesar de la crítica situación nacional, Teléfonos de México continúa con su desarrollo tecnológico poniendo en operación las instalaciones de enlaces por fibras ópticas

Un hecho de gran trascendencia para las telecomunicaciones mexicanas se llevó a cabo el 28 de junio de 1985; entró en órbita el satélite Morelos I el cual operó dos meses después.

### **1.2.1 Sistema Morelos.**

A pesar de los sismos Teléfonos de México siguió con el proyecto Sistema Morelos siendo uno de sus principales usuarios al utilizar aproximadamente 300

circuitos de larga distancia con la posibilidad de llegar a 8,000. Esto permitiría que las principales del país se inter conectarían con el sistema.

El satélite Morelos II fue lanzado al espacio el 27 de septiembre, en el transbordador espacial viajaba el primer cosmonauta mexicano, doctor Roberto Neri Vela, consolidándose así el proyecto Sistema Morelos de Satélites.

Los satélites que cubren el territorio nacional se localizan sobre el océano Pacífico, a la altura de Baja California a una altura de 36 mil kilómetros. Se les asigna 500 MHz, en la banda C, operando con dos polarizaciones: vertical y horizontal por lo que se aprovechan los 500 MHz en una y 500 en otra.

### **1.2.2 Hacia una nueva etapa de las comunicaciones en México.**

1988 fue un año de gran importancia para la telefonía. El 10 de febrero se inauguró el centro telefónico San Juan. Se instaló el teléfono número 8 millones, operó el servicio Lada 800 de larga distancia automática por cobrar el cual se destinó para la industria y el comercio. Para su uso, se requiere suscribirse a él.

Durante la IX Reunión Anual de Planeación Corporativa de Teléfonos de México, el 26 de septiembre, en San Juan del Río, Qro., se llevó a cabo la primera videoconferencia telefónica entre funcionarios de Telmex y del Banco Nacional de México.

Se puso en servicio la central de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), el cual permite que los usuarios utilicen en forma simultánea una sola línea telefónica digital y transmitir los servicios de voz, datos, vídeo y facsímil.

Telmex llegó a 8.8 millones de teléfonos instalados, teniendo así el décimo cuarto lugar internacional, debido al número de teléfonos en servicio.

El día 31 de mayo el presidente Salinas de Gortari presentó el "Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994", donde menciona la importancia de las telecomunicaciones destacando los siguientes puntos:

Diversificar, mejorar su calidad, ampliar la cobertura en áreas urbanas y extenderse a más zonas rurales. Las tarifas de los diferentes servicios no deben diferir de las vigentes en los países con los que compite México en el mercado internacional. La modernización y expansión de las telecomunicaciones requerirá de la participación de los particulares. El estado ejercerá la rectoría en las telecomunicaciones induciendo su desarrollo tomando en cuenta el cambio tecnológico habido en los últimos años. Elevar la eficiencia y modernizar los sistemas para constituir un verdadero enlace entre los mexicanos con el exterior. Asimismo menciona los beneficios que se tienen con el cambio tecnológico:

- Múltiples empresas podrán desarrollar los servicios de transmisión conmutada de: datos, teleinformática, telefonía celular y otros.
- Los consumidores podrán elegir entre las diferentes empresas que ofrezcan la venta y mantenimiento de equipo terminal.
- La regulación de estos servicios fomentará la competencia y evitará la práctica monopólica.
- También:
- Las concesiones de telefonía celular se sujetarán a concurso de manera abierta, y así se garantizará la mejor oferta de servicios y contraprestación económica al Estado.
- Se dará prioridad al aprovechamiento integral del sistema de satélites, facilitando la instalación y operación de estaciones terrenas por particulares.
- Se modernizará la red de microondas y se establecerán enlaces troncales de fibra óptica.

Para 1994 el sistema de telecomunicaciones de México deberá contar con un nuevo satélite, así como la participación, en el diseño, de científicos mexicanos.

De conformidad con los lineamientos del "Plan Nacional de Desarrollo", el gobierno mexicano inició esfuerzos y adoptó diversas medidas, para adaptar el marco regulatorio de esta actividad a un funcionamiento más dinámico y eficiente.

Destacan:

- La liberación de la venta de equipo terminal.
- Autorización para el uso de la red telefónica con fines de transmisión de datos.
- Otorgamiento de nuevas concesiones telefónicas.
- Esto permitirá a Telmex tener las condiciones favorables para aprovechar al máximo las oportunidades de expansión y responder favorablemente al ambiente competitivo que se avecina.
- Teléfonos de México intensificó sus acciones. En lo que se refiere a la telefonía rural y siguiendo la estrategia implantada en 1987, de incorporar tecnología de Radios de Acceso Múltiple (RAM), se colocaron 31 RAM, esto permitió anexar a la red telefónica a 493 poblaciones rurales.

El servicio Lada 800 ha constituido una de las más importantes aportaciones tecnológicas a la red telefónica y ha beneficiado tanto a empresas en lo individual como a la economía del país, abriendo posibilidades de comercialización a ramos industriales, turísticos, comerciales y de servicio.

En una segunda etapa, febrero de 1989, se inicia una nueva prestación de servicio de larga distancia internacional para llamadas desde y hacia los Estados Unidos de Norteamérica, con cobro al abonado de destino.

Asimismo se desarrolló el servicio de larga distancia automática desde casetas de servicio público, Ladatel. Se instalaron un total de 1,903 aparatos, aunados a los ya existentes, conforman una eficiente red pública. El servicio obtuvo buena respuesta por parte del usuario. Se encuentran en operación 2,994 aparatos Ladatel instalados en las ciudades de México, Monterrey, Guadalajara, Cancún, Acapulco y Puerto Vallarta.

También se incorporaron dos nuevas modalidades de pago al servicio de telefonía pública Ladatel:

Tarjeta de crédito (Ladamático), disponible en México, Acapulco, Puerto Vallarta y Cancún.

El servicio de larga distancia por cobrar a Estados Unidos o pago del servicio mediante una tarjeta de crédito con asistencia de una operadora extranjera (USA Direct), entró en operación desde 1989 en Cancún, Quintana Roo.

Recordaremos que para la digitalización de la red telefónica se requieren dos equipos:

RDSI-S12  
RDSI-AXE

En el primer semestre de 1989 se instaló como prueba piloto, una central Indetel RDSI-12, realizando pruebas de verificación de la Red Digital de Servicios Integrados de Teléfonos de México. La prueba con RDSI-AXE fue puesta en operación en octubre del mismo año.

Partiendo de la concesión obtenida por Telmex para la comercialización del servicio de transmisión de datos, se contempla la posibilidad de ofrecer una red pública de datos, basada en la técnica de conmutación de paquetes, entre usuarios que así lo requieran.

Para mejorar el servicio a los grandes usuarios, Teléfonos de México inicia un proyecto para facilitar la prestación de servicios de comunicación de voz, datos y de imágenes, que actualmente se prestan en redes independientes. Al proyecto se le denominó Red Digital Superpuesta, su infraestructura es de alta tecnología, por lo que se creó una red especial que está superpuesta a la red telefónica existente; se inició su operación en México, Monterrey y Guadalajara, con 25 mil troncales digitales de alta velocidad para conmutadores telefónicos. Se tendieron 400 kilómetros de cables de fibra óptica y 17 sistemas de radiocomunicación digital por microondas, lo cual permitió enlazar a 40 centros de acceso a la red distribuidos en estas tres ciudades.

Otro importante servicio que presta Telmex, es la telefonía celular, el cual se basa en el uso de la radiotelefonía permitiendo la comunicación entre dos o más abonados por señales. Los aparatos no requieren de líneas físicas.

El equipo de comunicación móvil está compuesto de "células" que por sus estructuras, y gracias a la computación, se agrupan en zonas de servicio.

La radiotelefonía permite utilizar, a través de señales de microondas, una amplia banda que asciende a 800 MHz, lográndose la comunicación telefónica, cuando una de las células es cubierta con una señal emitida por radio-base, que se conecta a una central de telefonía móvil celular totalmente computarizada y finalmente a la red pública telefónica.

En 1989 el gobierno federal anuncia su intención de vender su participación y privatizar a Teléfonos de México.

Visitaron las instalaciones de Telmex 23 empresas nacionales y extranjeras. Se recibieron ofertas de tres grupos teniendo al frente empresarios mexicanos. El 9 de diciembre se dio a conocer al ganador el cual está integrado por:

Grupo Carso. Controladora que opera en mercados altamente competitivos tanto nacional como internacional. Sus áreas de operación son productos de consumo, tiendas departamentales y restaurantes; construcción y exportación.

### **1.2.3 Servicio de Telefonía Celular en México.**

La telefonía celular ha tenido una increíble evolución en nuestro país los últimos 15 años, pasó de ser un servicio elitista, disponible únicamente para las personas con un alto poder adquisitivo, a ser un servicio de primera necesidad, el cual es ampliamente utilizado y está disponible para cualquier usuario que desee comunicarse rápidamente.

Tecnológicamente hablando, la evolución de la telefonía celular ha tenido muchos avances importantes. Empezó siendo un servicio analógico, transformándose una década después, a digital. Las limitaciones analógicas de la tecnología móvil ocasionaron que la señal de voz no fuera tan nítida. La inseguridad también era un problema,

La telefonía celular digital acabo con todas las limitantes de la telefonía celular analógica, y se agregaron además otros beneficios para los usuarios, como el identificador de llamadas, conferencia tripartita, llamada en espera, transmisión de datos, mensajes cortos, correo electrónico, entre otros.

En 1989 la telefonía celular da sus primeros pasos en México cuando la compañía Iusacell empieza ofrecer el servicio en el Distrito Federal. Un año después, la compañía Telcel empieza sus operaciones ofreciendo también el servicio en la capital del país. Posteriormente ambas compañías empiezan a expandir sus redes a otras latitudes.

Para ese entonces el país ya se había dividido en 9 regiones. Cada una de estas regiones se dividen en 2 bandas de frecuencia, la Banda "A" y la Banda "B" (Tabla 1). En cada una de las 9 regiones habría un concesionario operando en la banda de frecuencias "A" (825-835 MHz, 870-880 MHz). La banda "B" (835-845 MHz, 880-890 MHz) operaría en todas las 9 regiones para un solo concesionario, en este caso, Radio móvil Dipsa (Telcel).

Posteriormente la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones) en 1997 lanza una convocatoria para licitar en México una nueva banda de frecuencias (1850-1970 MHz). Posterior a esta licitación aparecen nuevos operadores en estas bandas como Unefon, Pegaso PCS, Telcel y Iusacell.

En agosto de 1998 empieza operar en nuestro país Nextel Internacional (Nextel), quien se alió con Motorola para establecer una red de radio digital (trunking) con la tecnología conocida como iDEN (integrated Digital Enhanced Network).

En 2001 la empresa española Telefonica Movistar, adquiere los 4 operadores del Norte del país (Cedetel, BajaCel, Norcel y Movitel). La transacción fue estimada en 1790 millones de dólares. Posteriormente en Mayo de 2002, Telefónica Movistar adquiere gran parte de las acciones de la compañía Pegaso PCS.

A este paso, el sector de la telefonía celular en México se compone únicamente de 5 compañías: Telcel, Iusacell, Telefónica Movistar, Unefon y Nextel. Telcel es el operador más importante en número de usuarios, con casi con el 76% del mercado nacional. Le sigue Movistar con 12%, Iusacel con 5%, Unefon con 4% y Nextel con menos del 3%.

La modalidad "El que llama paga", implementada por la COFETEL en mayo de 1999, fue un detonante importante en el incremento de la telefonía celular.

Anteriormente a esta medida, a un usuario se le aplicaba un costo por recibir llamadas. En la actualidad, los usuarios de telefonía celular que reciben una llamada local no tienen costo alguno. Al implementarse esta medida del que llama paga en tan sólo un año (del 1999 a 2000) se incremento el número de usuarios casi al doble, pasando de 8 millones a 14 millones.

	Móvil (MHz)	Base (MHz)
A	824-835, 845-846.5	869-880, 890-891.5
B	835-845, 846.5-849	880-890, 891.5-894

Tabla1. Frecuencias banda A y B

#### Designación y espaciamento de canales.

El espaciamento de canales debe ser 30 kHz. Y el canal de transmisión de la estación móvil 825.030 MHz (y el correspondiente canal de transmisión de la estación base en 870.030 MHz.) debe ser definido como el canal número 1.

#### Clases de estaciones móviles.

- Clase I Estación de alta potencia.
- Clase II Estación de potencia media.
- Clase III Estación de baja potencia.

La máxima Potencia Efectiva Radiada (ERP) con respecto a un dipolo de media onda para cualquier clase de estación transmisora móvil es de 8 dBW (6.3 Watts). La Potencia Radiada nominal para cada clase de estación transmisora móvil es:

- Clase I      6 dBW (4.0 Watts)
- Clase II     2 dBW (1.6 Watts)
- Clase III    - 2 dBW (0.6 Watts)

### **1.3 Historia de la telefonía celular.**

La compañía AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil en los Estados Unidos el 17 de junio de 1946 en San Luis, Missouri. El sistema operaba con 6 canales en la banda de 150 MHz con un espacio entre canales de 60 KHz y una antena muy potente. Este sistema se utilizó para interconectar usuarios móviles (usualmente autos) con la red telefónica pública, permitiendo así, llamadas entre estaciones fijas y usuarios móviles. Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de los USA y unos 44,000 usuarios en total aunque por desgracia había 22,000 más en una lista de espera de cinco años. Estos sistemas telefónicos móviles se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM). La mayoría de estos sistemas utilizaban un solo transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 km desde la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 KHz del espectro para transmitir la voz con un ancho de banda de 3KHz. Aunque se esperaban mejoras en la estabilidad del transmisor, en la figura de ruido y en el ancho de banda del receptor.

La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente y permaneció por detrás de la capacidad disponible en muchas de las ciudades de gran tamaño. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era muy mala, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso ya que los usuarios encontraron que era mejor prevenir no hablando en horas picos. Los usuarios y las compañías telefónicas se dieron cuenta que un conjunto de canales no sería suficiente para desarrollar un servicio telefónico móvil útil. Se necesitarían grandes bloques del espectro para satisfacer la demanda en áreas urbanas.

En 1949, la FCC (Comisión Federal de comunicaciones) dispuso más canales y la mitad se los dio a la compañía Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Operadores Comunes de Radio), con la intención de crear la competencia y evitar los monopolios. Fue a mediados de los 50 cuando se creó el primer equipo para viajar en auto de menor tamaño. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas centrales de Ericsson pero no fue sino 10 años después cuando los transistores redujeron en peso, tamaño y potencia para poder introducirlos al mercado.

En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. A mediados de los 60's el Sistema Bell introdujo el IMTS (Servicio Telefónico Móvil Mejorado) con características mejoradas. Las mejoras en el diseño del transmisor y del receptor permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25-30 KHz.

A finales de los 60's y principios de los 70's el trabajo comenzó con los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes para evitar la interferencia en estos primeros sistemas celulares.

En enero 1969 la Bell System aplicó por primera vez el rehuso de frecuencias en un servicio comercial para teléfonos públicos de la línea del tren de N.Y. a Washington, D.C. Para desarrollar este sistema se utilizaron 6 canales en la banda de 450 MHz en nueve zonas a lo largo de una ruta de 380 km.

A principios de los 70's se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida de todos. La segunda mejora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. No fue sino hasta marzo de 1977 cuando la FCC aprobó que Bell probara un sistema celular en Chicago.

En 1978, en USA, comenzó a operar el AMPS (Servicio Telefónico Móvil Avanzado). En ese año, 10 células cubrían 355000 km cuadradas en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados LS, una computadora dedicada y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares podían funcionar.

El desarrollo de AMPS fue muy rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981. Entonces, surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B). Entonces Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983.

AT&T desarrolló un modelo junto con Motorola conocido como Dyna-TACS o TACS o Total Access Communications System (Sistema de Comunicación de Acceso Total) , el cual se puso en marcha en Baltimore y en Washington D.C. por la compañía Cellular One el 16 de diciembre de 1983.

Otro estándar que surgió fue el de AURORA-400 en Canadá en febrero de 1983 utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado opera en los 420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales por su poca capacidad pero cobertura amplia. En Europa, el sistema celular Telefonía Móvil Nórdico o Nordic Mobile Telephone System NMT450 inició operaciones en

Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el rango de 450 MHz. Más tarde, Alemania Occidental implementó C-Netz, Los franceses Radiocom 2000, y los Italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve sistemas incompatibles, a diferencia de los USA que no sufrían de este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa. A finales de los 80's el interés emergió hacia los sistemas celulares de tipo digital, donde ambos, la voz y el control fueran digitales. El uso de tecnología digital para reproducción de discos compactos popularizó la calidad del audio digital. La idea de eliminar el ruido y proveer el habla clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios comunes. En 1990, el sistema celular en USA agregó una nueva característica, el tráfico de la voz se convirtió en digital. Esto triplicó la capacidad con el muestreo, digitalización y multicanalización de las conversaciones. Para 1991, el servicio celular digital comenzó a emerger reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas celulares analógicos.

En 1989 surge GSM primero conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. Desde 1993 los sistemas se estaban desbordando de usuarios en USA, estos crecieron de medio millón en 1989 a más de trece millones en 1993. En 1994, Qualcomm, Inc. propuso un escenario de espectro esparcido para incrementar la capacidad. Construido en conocimientos anteriores, el CDMA (Code División Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Código), sería en todos sus elementos digital, además de que prometía de 10 a 20 veces mayor capacidad. En estos días más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio más humilde nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA (Acceso Múltiple por División de Timepo) o CDMA para obtener sistemas duales con tecnología analógica y digital. El 14 de enero de 1997, la FCC abrió un nuevo grupo de frecuencias inalámbricas que permitiría el desarrollo de las tecnologías como CDMA: la banda de 1900. El PCS 1900 es la contraparte en frecuencia de GSM y aunque esta en desarrollo tiene un gran potencial.

En México, es hasta 1984 cuando Telcel obtiene la concesión para explotar la red de servicio radiotelefónico móvil en el área metropolitana de la Ciudad de México, bajo la denominación de "Radiomóvil Dipsa S.A. de C.V." operando en las bandas radiofónicas de 450-470 y 470-512 MHz. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes convocó la introducción de la telefonía celular en nuestro país en las nueve diferentes regiones en que fue dividido. Aquí nace Iusacell, convirtiéndose en la primera compañía de telefonía celular en ofrecer el servicio en la Ciudad de México y en ese mismo año surge la marca Telcel ofreciendo los servicios de telefonía celular en la ciudad de Tijuana B.C. A partir de 1990 Telcel y Iusacell expanden los servicios de telefonía celular en el Distrito Federal y su zona metropolitana y paulatinamente ofrecen el servicio a escala nacional.

## **1.4 Generaciones de la Telefonía Celular.**

### **1.4.1. Primera Generación de Telefonía Celular.**

En 1971 se propuso el concepto de celular como un avanzado sistema de comunicación móvil. Esta intrigante idea proponía el reemplazo de las estaciones bases ubicadas en el centro de la ciudad por múltiples copias de tales estaciones de menor potencia distribuidas a lo largo del área de cobertura. El concepto celular añade una dimensión espacial al modelo **trunking<sup>3</sup>(troncalizado)** usado anteriormente en la telefonía móvil. Estas células son ligadas a través de un centro de conmutación central y una función de control. Y es así como la vieja red se emplea a gran escala.

Los primeros sistemas que alcanzan un desarrollo comercial significativo aparecen en los años ochenta: En Europa los sistemas NMT-450 y en USA, el sistema AMPS adaptado en Europa como TACS empiezan ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema. Continuidad de la comunicación al pasar del radio de acción de una estación de base al de la estación contigua.

Sin embargo, estos sistemas solo alcanzan unas penetraciones limitadas debido a los elevados costes que implican. Solo en los países nórdicos, en los que las condiciones económicas –altas rentas percapitas- y sociales –tendencia a vivir en el campo- eran particularmente favorables, se llega a una amplia penetración.

Esta primera generación de telefonía móvil hizo su aparición en 1979, y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad [2400 bauds], la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad, basadas en FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Servicio de Telefonía Móvil Avanzado).

### **1.4.2 Segunda generación de Telefonía Celular.**

La segunda generación 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son:

GSM Sistema Global para Comunicaciones Móviles. “Global System for Mobile Communications”,

---

<sup>3</sup> Los Sistemas Radio Trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para transmitir mensajes de voz y datos dentro de flotillas de trabajo.

IS-136 conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136. Estos dos primeros basados en TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

IS-95 basado en CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) y PDC (Comunicaciones Digitales Personales). Éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Servicio de Mensajes Cortos). La mayoría de los protocolos de segunda generación ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a éstos como PCS (Servicios de Comunicaciones Personales).

La principal ventaja de los teléfonos de segunda generación sobre sus precesores analógicos son su gran capacidad y menor necesidad de carga de batería. En otras palabras, ellos satisfacen a los usuarios asignando una frecuencia consumiendo menos potencia.

#### **1.4.2.1. Generación 2.5G.**

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas segunda generación tales como GPRS (Sistema de Radio para el Envío de Paquetes de Datos), HSCSD (Conmutación De Circuitos de Datos de Alta Velocidad), EDGE (Incremento de Velocidades de Datos para una Evolución Global), IS-136B, IS-95B, entre otros. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizarse a los sistemas de tercera generación.

Muchos de los **carriers (proveedores de servicios de telecomunicaciones)** se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. Los carriers europeos y de Estados Unidos se moverán a 2.5G en el 2001. Mientras que Japón ira directo de 2G a 3G también en el 2001.

#### **1.4.2.2. Sistema GSM.**

A partir de 1982, en el seno de la CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications), se vio la necesidad de comenzar tareas de planificación de un nuevo sistema de comunicaciones móviles, posteriormente conocido como GSM, que sustituyera a los sistemas analógicos por digitales.

El sistema GSM se planteó como un sistema multioperador. El estándar fue diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro. Funciona a frecuencias de 900 MHz.

El rápido crecimiento de los sistemas celulares, así como razonables socioeconómicas junto con el problema de la falta de frecuencias de 900 MHz,

impulso una adaptación del sistema GSM a la banda de 1800 MHz (1900 en USA). Este sistema se denomina DCS-1800. En realidad, DCS (Sistema de Comunicación Digital) puede considerarse como una variante de GSM que resuelve su problema más acuciante: la falta de espectro para planificar de forma económica las áreas urbanas.

#### **1.4.2.3 Cobertura en los sistemas 2G.**

Como los tamaños de las celdas son cada vez más reducidos, pasando de miniceldas de 2Km (GSM) a microceldas de unos 500m (DCS-1800) y picoceldas de 50m (DECT), es necesario mejorar la precisión de las predicciones. En efecto, un error de cálculo de cobertura de 100m puede ser admisible en una minicelda, pero no en una picocelda. Por otro lado, se exige la cobertura en entornos especiales: túneles viarios, estacionamientos subterráneos, interiores de edificios, etc., lo que conlleva la caracterización de estos nuevos entornos. También adquiere cada vez más importancia la caracterización del canal en banda ancha para la optimización de la operación. Debe subrayarse que los operadores, una vez superada la fase de despliegue de la red móvil, deben consolidar sus objetivos de calidad-cobertura, con un análisis más detallado de las perturbaciones para compensar sus efectos y mejorar la calidad de las telecomunicaciones.

Una solución que se está estudiando activamente es la que emplea la GTD (Teoría Geométrica de la Difracción) y UTD (Teoría Uniforme de la Difracción), tanto en forma bidimensional (2D) y tridimensional (3D), combinada con modelos de dispersión radar y linealización de perfiles. Son de destacar también los nuevos métodos de predicción basados en redes neuronales combinados con medidas.

Asimismo, se empiezan a utilizar bases de datos digitales de ciudades para aplicar los más detallados modelos urbanos, tanto en banda estrecha, para el cálculo de la pérdida básica de propagación, como en banda ancha.

#### **1.4.3. Tercera Generación de Telefonía Celular.**

La Tercera generación se caracteriza por superar las limitaciones técnicas de las tecnologías precedentes. La tercera generación es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos, servicios de ubicación, a través del teléfono móvil, el ordenador de bolsillo y el ordenador portátil. 3G es una tecnología propia de proveedores de servicios móviles, y es la evolución y extensión natural de su modelo de negocio. En general, todos los servicios móviles son proporcionados por operadores que poseen y operan sus propias redes y venden servicios móviles a los usuarios finales, habitualmente sobre la base de una suscripción mensual.

Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Sistema Móvil Universal de Telecomunicaciones), CDMA2000, IMT-2000, ARIB (Asociación de Industrias de Radio y Negocios), 3GPP (Asociación de proyectos de 3ª generación), UWC (Colegios unidos del mundo)-136, entre otras.

El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU "International Telecommunications Union" y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 "International Mobile Telephone".

Lo ideal es que los sistemas de tercera generación provean servicios en cualquier lugar y a cualquier hora. Mientras que los servicios analógicos y los primeros servicios digitales fueron diseñados solo para resolver problemas de sistemas analógicos, como seguridad, bloqueo e incompatibilidad regional; iniciándose así, una nueva visión a la migración a 3G y por lo tanto hacia nuevos servicios.

Entre las diversas organizaciones que procuran combinar sus ofertas de W-CDMA (Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código) están la Asociación de Japón de las Industrias y de los Negocios de Radio (ARIB), la Alianza para las Soluciones de la Industria de las Telecomunicaciones (ATIS), T1P1, Los Servicios sin hilos Integrados de la Red Digital de Multimedia (WIMS), y el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI) a través de su Grupo Móvil Especial (GMS). El esquema que tienen en mente se aprovecha de las técnicas de radio de W-CDMA sin hacer caso de los numerosos sistemas desplegados por GSM.

Estas organizaciones se basan en el (UMTS) de ETSI's. Llamado UTRA (para el acceso de radio terrestre de UMTS), la propuesta describe dos modos de funcionamiento: el multiplexaje de la frecuencia y de división de tiempo.

#### **1.4.3.1 Proyección de la 3G.**

Lo que sigue en este momento es esperar a que los operadores de telefonía ofrezcan los servicios de 3G. Por ejemplo, en Japón ya están operando con las tecnologías de 3G. El servicio con más éxito es "i-mode" de NTT DoCoMo que utiliza una red basada en paquetes conocida como PDC-P (Protocolo de convergencia de información de paquetes), aunque es una tecnología propietaria que tiene actualmente más de 17 millones de suscriptores. NTT DoCoMo también piensa incursionar con W-CDMA y sus contendientes en ese país para servicios 3G son DDI y J-Phone. En Estados Unidos, compañías como Qualcomm y Sprint PCS ya empezaron a realizar pruebas del servicio 3G.

La batalla por las licencias de 3G de UMTS es otro asunto de gran importancia y varias son las compañías involucradas en obtener las valiosas licencias de telefonía móvil de tercera generación, tales como: Telecom Italia (Italia); Vodafone, Orange y BT Cellnet (Inglaterra); T-Mobil (Alemania), France Telecom (Francia); KPN Telecom (Holanda), NTTDoCoMo (Japón), etc. Las compañías que dominan mercados pequeños deberán aliarse con los grupos grandes.

A parte de las cantidades enormes de dinero que cuestan las licencias, hay que tomar en cuenta que las redes telefónicas de estos "carriers" son redes grandes y complejas, por lo que les tomará tiempo y grandes inversiones de capital para

implantar la tecnología. Pero muchas de las ventajas de esas redes son que varias de ellas ya están ofreciendo servicios de datos, y prevalecerán aquellas empresas de telecomunicaciones que tengan la mayor experiencia en tecnologías inalámbricas y tomen ventaja de ello para las nuevas redes del futuro.

En relación en predicciones en cuanto a usuarios móviles, "The Yankee Group" anticipa que en el 2004 habrá más de 1150 Millones de usuarios móviles en el mundo, comparados con los 700 millones que hubo en el 2000. Por otra parte Ericsson predice que habrá 1000 millones de usuarios en el 2002. Dichas cifras nos anticipan un gran numero de capital involucrado en la telefonía inalámbrica, lo que con más razón las compañías fabricantes de tecnología, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones estarán dispuestos a invertir su capital en esta nueva aventura llamada 3G.

Independientemente de cual tecnología en telefonía inalámbrica predomine, lo único que le interesa al usuario final es la calidad de voz, que no se bloqueen las llamadas y que en realidad se ofrezcan las velocidades prometidas. El tiempo y las fuerzas del mercado nos darán la razón.

#### **1.4.4. Perspectivas de las comunicaciones móviles (4G y 5G).**

El auge de los sistemas digitales, especialmente en lo referente a las redes de datos (Internet) en los 90's, ha influido grandemente en los sistemas de comunicación móviles. Esto lo podemos observar en la última etapa de la segunda generación, llamada en algunas ocasiones 2.5G, la cuál a través de protocolos como WAP (Protocolo de Aplicación inalámbrica), ofrece servicio de navegación por internet (de manera muy limitada: sólo texto y sin formato) y de envío de mensajes SMS, a la vez que estándares como GSM fueron diseñados para proveer servicios digitales a través de anchos de banda reducidos (9 K/bits).

Pese a ello, la demanda de comunicaciones en formato digital (multimedia, videoconferencia, email, etc.) y el crecimiento de los servicios de valor agregado (**roaming (viaje)** a cualquier parte, llamada en espera, agenda electrónica, etc.), superan en mucho la oferta que existe actualmente en el mercado y en no pocas ocasiones a la tecnología disponible.

En la tercera generación deberán de converger las redes digitales y los sistemas de comunicación móvil, creando a su vez una sociedad dependiente de los formatos digitales, de ahí que el nuevo paradigma de la telefonía celular se base en proveer comunicaciones multimedia, acceso a redes inalámbricas, y roaming<sup>4</sup> automático en los distintos sistemas.

---

<sup>4</sup> Es un concepto utilizado en comunicaciones wireless que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra.

Toda esta demanda requiere a su vez un desarrollo tecnológico impresionante, incluyendo el empleo de sistemas de altas frecuencias para proporcionar los anchos de banda requeridos, esto se observa en el siguiente esquema:

#### **1.4.4.1. Características de la cuarta generación (4G).**

La cuarta generación deberá superar por mucho a sus predecesoras y aunque aún no se tiene muy claro como será esto posible, ya se tienen establecidos la mayoría de los requisitos que deberá esta cumplir:

**Alta tasa de transmisión:** La tasa de transmisión de las futuras generaciones deberá alcanzar rangos de 2-600 Mbits/s dependiendo del sistema.

**Gran movilidad.** Esta característica es de las más difíciles de llevar a cabo, especialmente en las tasas de transmisión que se requieren. No obstante será la base para los sistemas de transporte inteligentes (ITS), que operarán en su primera etapa en la banda de frecuencia de los 5.8 Gigahertz.

**Gran cobertura y simplicidad del "roaming" entre sistemas.** Al tener altas tasas de transmisión el tamaño de las células se decrementa, para poder afrontar este problema se plantea el uso de sistemas de estaciones (HAPS, "high altitude platform station") colocadas en aeronaves a 20 Km. del suelo que retransmitan la señal. Además se contará con una gran variedad de sistemas, como son redes LAN (Red de Área Local) inalámbricas, ITS's, entre otros, que serán imprescindibles en el futuro, los cuales deberán convivir con las comunicaciones móviles. El primer paso para llevar a cabo esta compatibilidad, llamada "roaming" entre sistemas, es el soporte de redes IP (Protocolo para Internet).

**Alta capacidad y bajos costos.** La capacidad por unidad área de la 4G deberá ser 10 veces mayor que la de su predecesora, además los costos deberán ser mucho más bajos para que estén al alcance de todos.

**Calidad de servicio y control sobre esta.** Al usar los sistemas inalámbricos recursos limitados (ancho de banda, potencia), se requiere que los organismos estandarizadores controlen adecuadamente el mercado para evitar abusos.

## 2. Introducción a las Redes telefónicas 3G.

### 2.1 Revisión general.

Para expandir el rango y capacidad de los servicios de datos, es por lo que se ha desarrollado la tecnología 3G. Esta puede soportar tasas de entre 384Kbps y 2Mbps, aunque se espera que en la práctica las ofertas comerciales estén en torno a los 100Kbps, trata de constituir un mercado con importantes perspectivas de crecimiento y penetración en la sociedad, que en poco tiempo, tanto la vida social como la laboral dependerán en gran medida de la utilización de esta nueva tecnología. Una de las propuestas más prometedoras para la creación de la nueva generación es la combinación de la interfaz aérea del ancho de banda de CDMA (W-CDMA) con la red GSM.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

La tecnología 3G propone una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior (que incluye la posibilidad de ejecutar aplicaciones multimedia). Con velocidades de datos de hasta 384 Kbps, es casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar.28020 Madrid

Los principales requerimientos para esta tecnología incluyen:

- Calidad de voz comparable a la que ofrece una Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).
- Velocidades de transmisión de datos de 144kb/s para usuarios en vehículos en movimiento viajando a una velocidad de 120Km/h en ambientes exteriores.
- Velocidades de transmisión de datos de 384kb/s para peatones, que se encuentren en un solo lugar o bien moviéndose sobre áreas pequeñas.
- Soporte para operaciones de 2.048 Mb/s en oficinas, es decir en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.
- Soporte para ambos servicios de datos conmutación por paquetes y conmutación por circuitos.
- Una interfaz adaptada para las comunicaciones móviles de Internet., que permita un ancho de banda más grande para enviar información que para recibir.
- Mayor eficiencia del espectro disponible.
- Soporte para una gran variedad de equipo móvil.
- Introducción flexible a los nuevos servicios y tecnologías.

### **2.1.1 3GPP Estándar de la 3G.**

Las tecnologías de 3G son la respuesta a la especificación IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El estándar UMTS está basado en la tecnología WCDMA (Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código). UMTS está gestionado por la organización 3GPP, también responsable de GSM (Sistema Global para comunicaciones móviles), GPRS y EDGE.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunas.

### **2.1.2 IP en 3G.**

IP en 3G, está basado en paquetes, lo cual en términos simples significa que los usuarios pueden estar “en línea” todo el tiempo pero sin tener que pagar hasta que hagamos verdaderamente una transmisión de datos. La naturaleza “sin conexión” de IP realiza el acceso mucho más rápido ya que la descarga de archivos toma solo unos segundos y nos podemos conectar a nuestra red con solo un clic. 3G tiene soporte de conmutación de paquetes IP y soporte IP para videojuegos, comercio electrónico, video y audio.

### **2.1.3 Ventajas y desventajas de IP en 3G.**

#### **Ventajas**

Esta tecnología tiene la de facilitar a los usuarios el estar siempre conectados, dado que con estos métodos de conexión tienen acceso permanente a Internet. Por ejemplo, una persona puede proveer su casa o su oficina con dispositivos 3G para supervisar lo que acontece allí. Y lo más importante, el estar siempre conectado no implica estar siempre pagando, ya que se cobra en función de la cantidad de información transferida, no de la duración de las llamadas.

IP basado en paquetes, pues solo pagas en función de la descarga lo que supone relativamente un menor costo. Aunque dependiendo del tipo de usuario también se podría calificar como desventaja.

Más velocidad de acceso.

UMTS, sumado al soporte de protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video-telefonía y video-conferencia.

## **Desventajas**

Cobertura limitada.

No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes puede seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados. Sin embargo el hecho de no ser orientado a conexión tiene la ventaja de que no se satura la red.

Además para elegir la ruta existen algoritmos que "escogen" qué ruta es mejor, estos algoritmos se basan en la calidad del canal, en la velocidad del mismo y, en algunos, oportunidad hasta en 4 factores (todos ellos configurables) para que un paquete "escoja" una ruta.

### **2.1.4 Evoluciones.**

#### **3.5G**

Evolución de la tecnología 3G usando HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) que permite velocidades de descarga de hasta 14 Mbps.

#### **3.75G**

Evolución de la tecnología 3G usando HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) que permitirá velocidades de carga de hasta 5.8 Mbps. pero solo en 3G.

#### **3G-324M**

Es el protocolo de comunicaciones del 3GPP para ofrecer servicios de videoconferencia en redes de telefonía móvil.

El protocolo 3G-324M opera sobre un circuito conmutado establecido entre dos dispositivos 'peer'. 3G-324M es una especificación que posibilita comunicaciones de conversaciones multimedia sobre redes de circuitos conmutados y ha sido adoptado por el 3GPP. 3G-324M está basada en la especificación H.324 de la [ITU-T]] para videoconferencia sobre redes de circuito conmutado.

#### **3GPP**

Es un acuerdo de colaboración en tecnología de telefonía móvil, que fue establecido en Diciembre de 1998. Esta cooperación es entre ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), CCSA (China), ATIS (América del Norte) and TTA (Corea del Sur).

### **2.1.5 Alcance.**

El alcance del 3GPP es hacer global aplicaciones de tercera generación 3G (teléfono móvil) con especificaciones de sistemas ITU's IMT-2000. Los sistemas 3GPP están basados en la evolución de los sistemas GSM, ahora comúnmente conocidos como sistemas UMTS. El 3GPP puede confundirse con 3GPP2 cuyo estándar de especificación es basada en tecnología IS-95 comúnmente conocida como CDMA2000.

El 3G-324M está compuesto por los siguientes sub-protocolos:

- H.245 para control de llamadas.
- H.223 para multiplexación/demultiplexación desde flujos de bits hasta paquetes de datos.
- Anexos A y B de H.223 para el manejo de errores de tasas de BER medias y bajas, corrección y ocultación.
- H.324 (junto con los anexos A y C) para trabajar en ambientes inalámbricos.

La especificación 3G-324M utilizando las redes de circuitos conmutados permite retardos susceptibles en servicios de conversaciones multimedia como: Algunos de los servicios que puede ofrecer 3G-324M son:

- Videoconferencia para uso personal y de negocios
- Servicios de entretenimiento multimedia
- Telemedicina
- Vigilancia
- Emisión de vídeo en directo
- Vídeo bajo demanda
- 3G-324M es indiferente a la red conmutada que utiliza. Puede utilizar tanto UMTS como redes TD-SCDMA
- Desarrollan actualmente

## **2.2 Fundamentos CDMA.**

### **2.2.1 Historia y evolución.**

El uso del CDMA para las aplicaciones civiles de la radio móvil es relativamente reciente. La teoría de esta tecnología fue propuesta a finales de la década de los 40, pero la aplicación práctica en los sistemas móviles celulares comerciales no se llevó a cabo hasta el año 1989, cuando los servicios militares americanos publicaron la tecnología.

CDMA para las aplicaciones comerciales. La tecnología del ensanchamiento espectral, que es la base de la tecnología CDMA, fue especialmente utilizada en las aplicaciones militares para contrarrestar el efecto de interferencia intencional fuerte y para ocultar la señal transmitida a posibles espías.

La gran atracción de la tecnología CDMA fue desde el principio su capacidad inherente para aumentar las prestaciones de las comunicaciones y reutilizar frecuencias.

Los modelos más simples ya sugirieron que la mejora de la capacidad podría ser 20 veces mayor que la capacidad de los sistemas de banda estrecha existentes. Originalmente la tecnología CDMA fue desarrollada por Qualcomm, para su posterior optimización por parte de Ericsson. En 1991, los prometedores resultados obtenidos en las primeras pruebas en el terreno demostraron que la tecnología CDMA podía funcionar igual de bien en la práctica como en la teoría. En 1993, el sistema CDMA fue adoptado por la asociación de la industria de las telecomunicaciones (TIA).

En 1995, el primer servicio de CDMA fue lanzado en Hong Kong, seguido de un lanzamiento en Corea y otro en Pennsylvania. Desde entonces, se convirtió rápidamente en la opción preferida de los operadores de los USA.

### **2.2.2 Concepto de CDMA.**

El CDMA es una tecnología digital de transmisión que permite a un número de usuarios acceder a un canal de radiofrecuencia sin interferencia, asignando un código diferente a cada usuario.

En los sistemas de comunicación con espectro ensanchado, el ancho de banda de la señal es expandido, comúnmente a varios órdenes de magnitud antes de su transmisión. Cuando hay un único usuario en un canal ensanchado, el uso del ancho de banda es ineficiente. En cambio, en un ambiente multiusuario, los usuarios pueden compartir el mismo canal y el sistema llega a ser eficiente.

### **2.2.3 Ensanchamiento de espectro.**

En los sistemas de espectro ensanchado se transmite la señal sobre un ancho de banda que es muchas veces mayor del que se requirió para las transmisiones estándar de banda estrecha a fin de mejorar la relación señal a ruido. En canales de banda estrecha, aumentando el ancho de banda transmitido de la señal resulta que la probabilidad de que la información recibida sea correcta aumenta, porque cada señal es una compilación de muchas señales menores a la frecuencia fundamental y sus armónicas, entonces el aumento de la frecuencia resulta en una reconstrucción más exacta de la señal original.

La desventaja efectiva en sistemas de banda estrecha para telecomunicaciones es la limitación de la capacidad del canal, así que las señales deben transmitirse con la potencia suficiente para que la interferencia por ruido gaussiano no sea efectiva y la probabilidad de que los datos recibidos no sean correctos permanecerá baja. Esto significa que la SNR (Relación Señal a Ruido) efectiva debe ser suficientemente alta para que el receptor pueda recuperar la señal transmitida sin error.

Los errores introducidos por un canal hostil pueden reducirse a cualquier nivel deseado sin sacrificar la tasa binaria de transferencia de información que utiliza. La ecuación de Shannon describe la capacidad del canal. La SNR se puede disminuir sin que aumente la tasa de error de bit. Esto significa que si la señal se ensancha sobre un ancho de banda grande con un nivel menor de potencia espectral, aún se puede lograr la tasa requerida. Si la potencia total de señal se interpreta como la zona bajo la densidad espectral de potencia, entonces señales con la potencia total equivalente pueden tener o una potencia grande de señal concentrada en un ancho de banda pequeño o una potencia pequeña de señal esparcida sobre un ancho de banda grande, como se puede ver en la Figura 2.1.

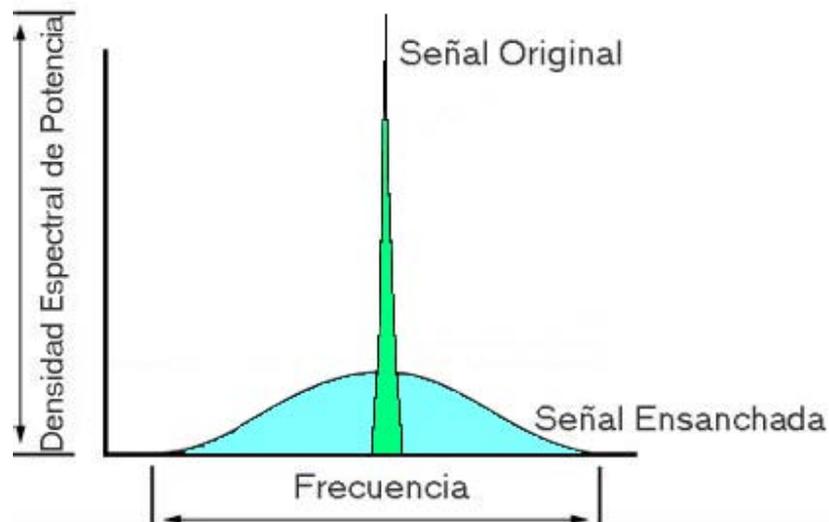


Figura 2.1 Señales con la misma potencia, pero con diferentes anchos de banda

#### 2.2.4 W-CDMA.

El sistema W-CDMA es el sistema que aprovecha el ancho de banda de forma más eficiente en ambientes multiusuario. Por esta razón, el sistema W-CDMA se convierte en una elección ideal para zonas metropolitanas con gran densidad de usuarios.

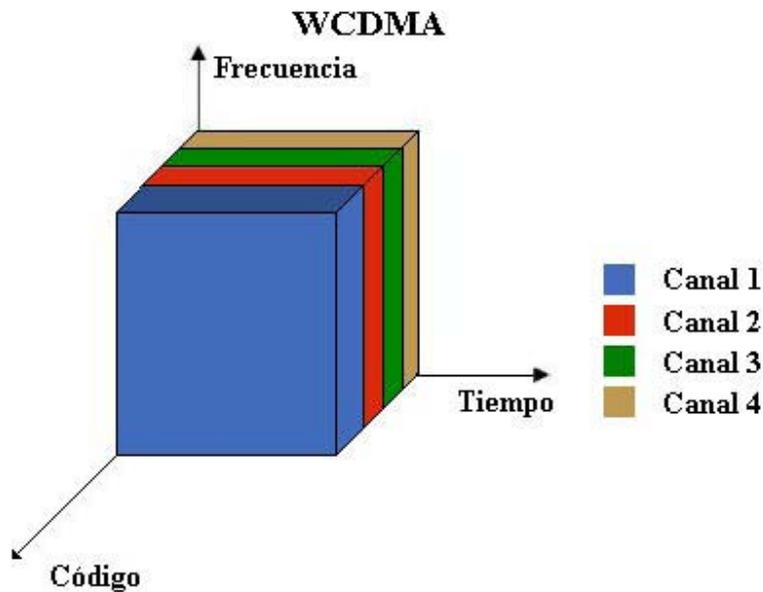


Figura 2.2 Esquema de acceso múltiple por división de código de banda ancha

Un código W-CDMA es utilizado para modular la señal a transmitir. Dicho código consiste en una serie de impulsos binarios o chips, conocido como una secuencia de Pseudo-Ruido (PN), que es una secuencia binaria con un periodo determinado. El código se ejecuta a una tasa más alta que la señal a transmitir y determina el ancho de banda real de transmisión.

Una señal de espectro ensanchado en secuencia directa (SS/DS-CDMA) se obtiene modulando la señal a transmitir con una señal pseudo-aleatoria de banda ancha (código de pseudo-ruido). El producto da una señal de banda ancha. Un código de pseudoruido es una secuencia binaria representada con valores -1 y 1, que posee propiedades similares a las del ruido. Esto determina valores pequeños de correlación entre los códigos y la dificultad de bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

La dispersión de energía sobre una banda ancha, o rebajar la densidad espectral de potencia, hace que el sistema W-CDMA genere señales menos probables para interferir con comunicaciones de banda estrecha, porque la potencia ensanchada de la señal está cerca de los niveles gaussianos de ruido. Como ya se ha visto, las comunicaciones de banda estrecha, ocasionan poca o ninguna interferencia en sistemas W-CDMA porque el receptor de correlación integra sobre un ancho de banda muy amplio para recuperar una señal W-CDMA.

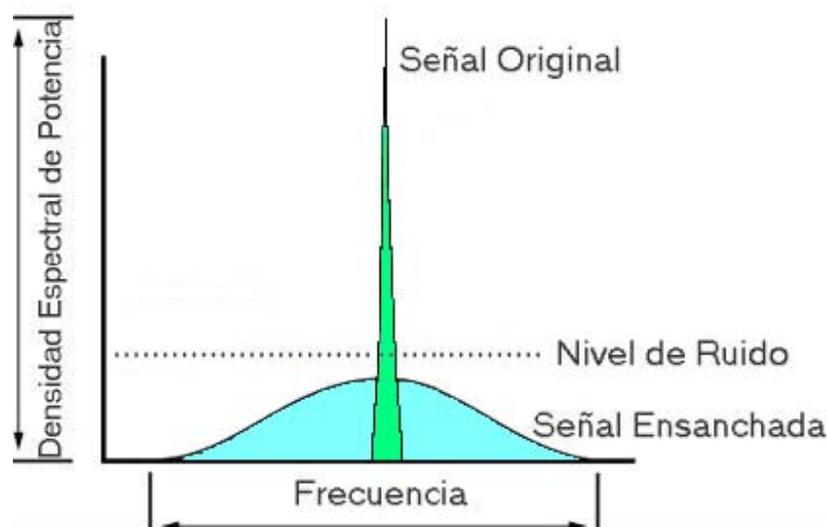


Figura 2.3 Nivel de potencia de la señal ensanchada por debajo del nivel de potencia de ruido

### 2.2.5 Códigos CDMA, *Spreading codes* (Códigos de Ensanchamiento).

Existen dos familias de códigos W-CDMA empleadas, los códigos PN (Pseudo Ruido) y los códigos ortogonales. Los códigos PN son secuencias pseudoaleatorias generadas por un registro de desplazamiento realimentado y se emplean para la diferenciación de usuarios o nodos B. Los más utilizados en W-CDMA se generan utilizando un registro de desplazamiento lineal. La correlación cruzada teórica entre códigos ortogonales es cero en una transmisión síncrona.

Las secuencias de Walsh son los códigos ortogonales comúnmente utilizados para el ensanchamiento del espectro y para la separación de canales o de usuarios en sistemas W-CDMA.

#### 2.2.5.1 Propiedades básicas.

En una transmisión W-CDMA la señal de información es modulada mediante un código CDMA y en el receptor la señal recibida es correlada con una replica del mismo código. Debido a esto, es importante que exista una baja correlación cruzada entre la señal deseada y las señales interferentes de los demás usuarios para poder suprimir la interferencia multiusuario. También se requiere que tengan una buena auto correlación para una buena sincronización. Además, la buena auto correlación es importante para eliminar la interferencia debida a la propagación multicamino. Las funciones de auto correlación y correlación cruzada están relacionadas de forma que en un mismo instante de tiempo no se pueden alcanzar buenos valores de ambas.

Así, se utilizarán las funciones de autocorrelación y correlación cruzada periódicas para juzgar si un código está cualificado o no para ser utilizado. En particular se utilizan las funciones de autocorrelación y correlación cruzada discretas que se pueden ver a continuación:

Función de autocorrelación periódica:

$$\phi_{xx}(l) = \sum_{i=1}^L c_x(i)c_x[(i+l)\text{mod}L] \quad \text{para } 0 \leq l \leq L-1$$

Donde,

$C_x(i)$  es el  $i$ -ésimo chip del código  $x$  con longitud  $L$ .

$C_y(i)$  es el  $i$ -ésimo chip del código  $y$  con longitud  $L$ .

Para los sistemas CDMA, los códigos deben de tener un pico grande en la autocorrelación para  $l=0$ . Para el resto de valores de  $l$ , la función de autocorrelación debe de ser tan próxima a cero como sea posible. Esto será útil a la hora de poder sincronizar el transmisor y el receptor. Para una gran capacidad multiusuario en sistemas CDMA, los diferentes códigos deben de ser ortogonales entre ellos, siendo cero el valor de la función de correlación cruzada para  $l \neq 0$ .

Para cualquier código conocido, las propiedades de las funciones de autocorrelación y correlación cruzada, que se requieren en los sistemas CDMA, no pueden cumplirse simultáneamente. Además, la condición de que el valor de la correlación cruzada para  $l \neq 0$  es cero, es válida sólo cuando las señales recibidas están alineadas en tiempo, lo que sólo se cumple en el caso del enlace **Downlink (enlace en el sentido de recepción)**, ya que en el **Uplink (enlace en el sentido de transmisión)** todas las señales de los usuarios tienen diferentes caminos de propagación hacia el Nodo B y no están alineadas en el tiempo.

Mientras que hay muchos códigos que cumplen la propiedad de la correlación cruzada para  $l \neq 0$ , en muchos casos no se cumplirá que el valor de la función de correlación cruzada sea bajo para valores  $l \neq 0$ .

#### 2.2.5.2 M-Secuencias.

En muchos casos los códigos de ensanchamiento son generados con un registro lineal de desplazamiento junto a unos operadores lógicos apropiados. Dichos operadores realimentan a la entrada del registro una combinación de los estados de dos o más de sus registros como se puede ver en la Figura 2.4.

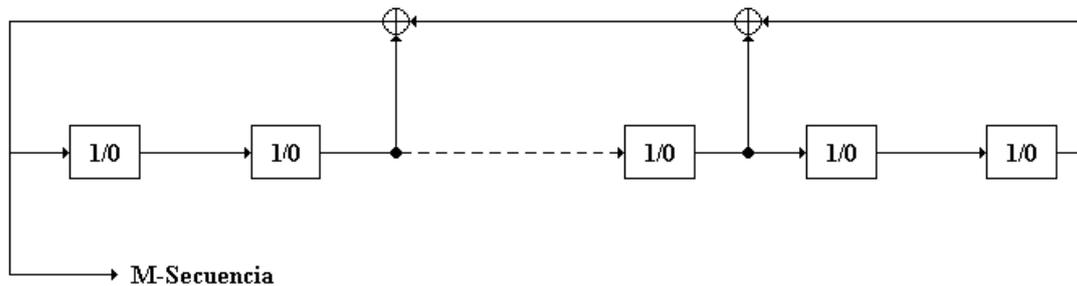


Figura 2.4 Esquema de un generador de M-secuencias

Las conexiones de los registros al módulo sumador vienen determinadas por el polinomio generador de la secuencia PN, que es de la forma:

$$G(X) = 1 + A_1X + A_2X^2 + \dots + A_NX^N$$

Donde  $A_i$  es '1' o '0' dependiendo si hay conexión o no con el módulo sumador. El estado inicial de los registros es lo que se denomina semilla del código.

Los sumadores lógicos realizan una OR-Exclusiva (XOR) de los registros para ser realimentados. Para el caso de códigos binarios la operación de suma módulo-2 es equivalente a la operación XOR. Hay que tener en cuenta que no todos los polinomios generadores producen una secuencia PN de máxima longitud, por lo que es necesario consultar tablas estándar donde se encuentren las especificaciones. Las M-Secuencias son códigos que tienen la máxima longitud realizable con un registro de desplazamiento consistente en  $N$  casillas, de ahí procede su nombre Máxima-Secuencia. Dicha longitud es  $L=2N-1$ .

Las M-Secuencias están definidas por los denominados polinomios irreducibles o primitivos. Para diferentes valores iniciales de las casillas, la M-Secuencia obtenida es siempre la misma, la única diferencia es que empieza con un desplazamiento en el tiempo llamado fase de código.

A continuación se pueden ver las propiedades más importantes de las M-Secuencias:

Para la función de autocorrelación se puede encontrar:

$$\phi_{xx}(l) = \begin{cases} L & \text{para } l = 0 \\ -1 & \text{para } 1 \leq l \leq L-1 \end{cases}$$

Si los elementos del código son mapeados a  $\{-1,1\}$ .

Hay  $2N-1$  unos y  $2N-1-1$  ceros en un periodo de código.

El número de *repeticiones* (un cierto número de chips consecutivos con el mismo valor) de longitud  $p$  es  $2N-(p+2)$  tanto para los ceros como para los unos. No hay *repeticiones* de ceros de longitud  $N$  o de unos de longitud  $N-1$ . Además, el número de repeticiones decrece en potencia de 2 a medida que su longitud crece. La distribución estadística de unos y ceros aparenta ser totalmente aleatoria pero está bien definida y siempre es la misma.

Esta aleatoriedad también se puede ver en la forma de la función de autocorrelación, ya que la correlación de una M-Secuencia con una versión de ella misma desplazada en el tiempo es casi cero, indicando que los valores del código  $c(i)$  son estadísticamente independientes.

Si una M-Secuencia se suma módulo-2 con una versión de ella misma desplazada en el tiempo, el resultado es la misma secuencia de código con un nuevo desplazamiento en el tiempo. Si dos M-Secuencias diferentes de igual longitud se suman módulo-2, el resultado es una secuencia compuesta de igual longitud. Esta secuencia compuesta es diferente para cada combinación de desplazamiento en el tiempo de las secuencias originales.

Se ha demostrado que para todas las M-Secuencias de una determinada longitud, sólo unas pocas de ellas tienen unas “buenas” propiedades de correlación cruzada. En este contexto “buenas” significa que la correlación cruzada solamente toma tres posibles valores:

$$\phi_{xy} = \{-1, -\Theta_c(N), \Theta_c(N) - 2\} \quad \text{con} \quad \Theta_c(N) = 2^{\lfloor N/2 \rfloor + 1}$$

Donde  $\lfloor x \rfloor$  denota la parte entera del número real  $x$ . Desafortunadamente el número de M-Secuencias con estas “buenas” propiedades de correlación cruzada, también conocido como ***mightiness (fuerza)***, es muy pequeño y no crece con la longitud de las M-Secuencias como se puede ver en la Tabla 2.

N	3	5	7	11	15
L	7	31	127	2047	32767
Número de M-Secuencias	2	6	18	167	1800
<i>Mightiness</i>	2	3	6	4	2

Tabla 2. Propiedades de M-Secuencias para diferentes longitudes del registro de desplazamiento

A continuación se puede ver un ejemplo de la generación de una secuencia PN:

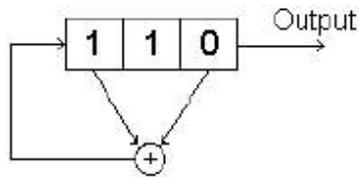


Figura 2.5 Esquema de un registro lineal de desplazamiento con semilla 110

Donde:

$$N = 3$$

Semilla = 110

$$G(X) = 1 + X^2 + X^3$$

$$L = 7$$

Haciendo un seguimiento del circuito se puede ver como la secuencia PN de salida es la siguiente:

0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 ...

### Secuencias Gold

Las secuencias de Gold son generadas mediante la suma módulo-2 de dos "buenas" M-Secuencias de igual longitud como se puede ver en la Figura 2.6

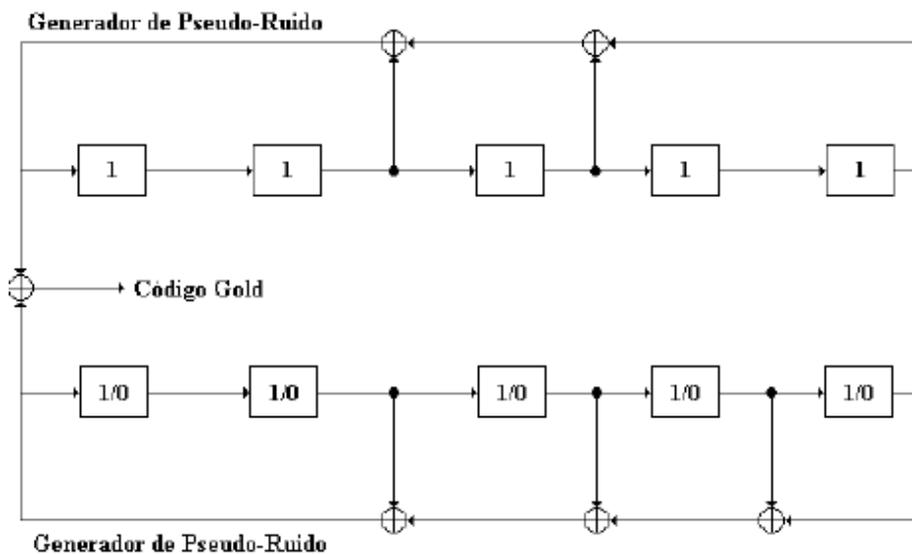


Figura 2.6 Secuencia Gold

Aunque el número de “buenas” M-Secuencias es bajo, se pueden obtener un gran número de secuencias de Gold. Esto es debido a que dos M-Secuencias pueden tener hasta  $2N-1$  desplazamientos relativos diferentes entre ellas, y cada desplazamiento resulta en una secuencia de Gold diferente como se explicó en las propiedades de las M-Secuencias.

En oposición a las M-Secuencias, la función de autocorrelación de los códigos Gold tienen cuatro posibles valores diferentes mientras que la correlación cruzada posee tres posibles valores:

$$\begin{aligned}\phi_{xx}(l) &= \{L, \Theta_c(N) - 2, -1, -\Theta_c(N)\} \\ \phi_{xy}(l) &= \{\Theta_c(N) - 2, -1, -\Theta_c(N)\} \\ \text{con } \Theta_c(N) &= 2^{\lfloor \frac{N}{2} + 1 \rfloor} + 1\end{aligned}$$

Comparando las secuencias de Gold con las M-Secuencias con respecto a las funciones de correlación, se puede ver como para las secuencias de Gold hay un mayor número de códigos que cumplen la propiedad de la correlación cruzada. Esto está compensado con una empeora de la función de autocorrelación. Los códigos Gold se utilizan en UMTS para el **Scrambling (aleatorización)**.

A continuación se puede ver un ejemplo de una comunicación CDMA con un usuario:

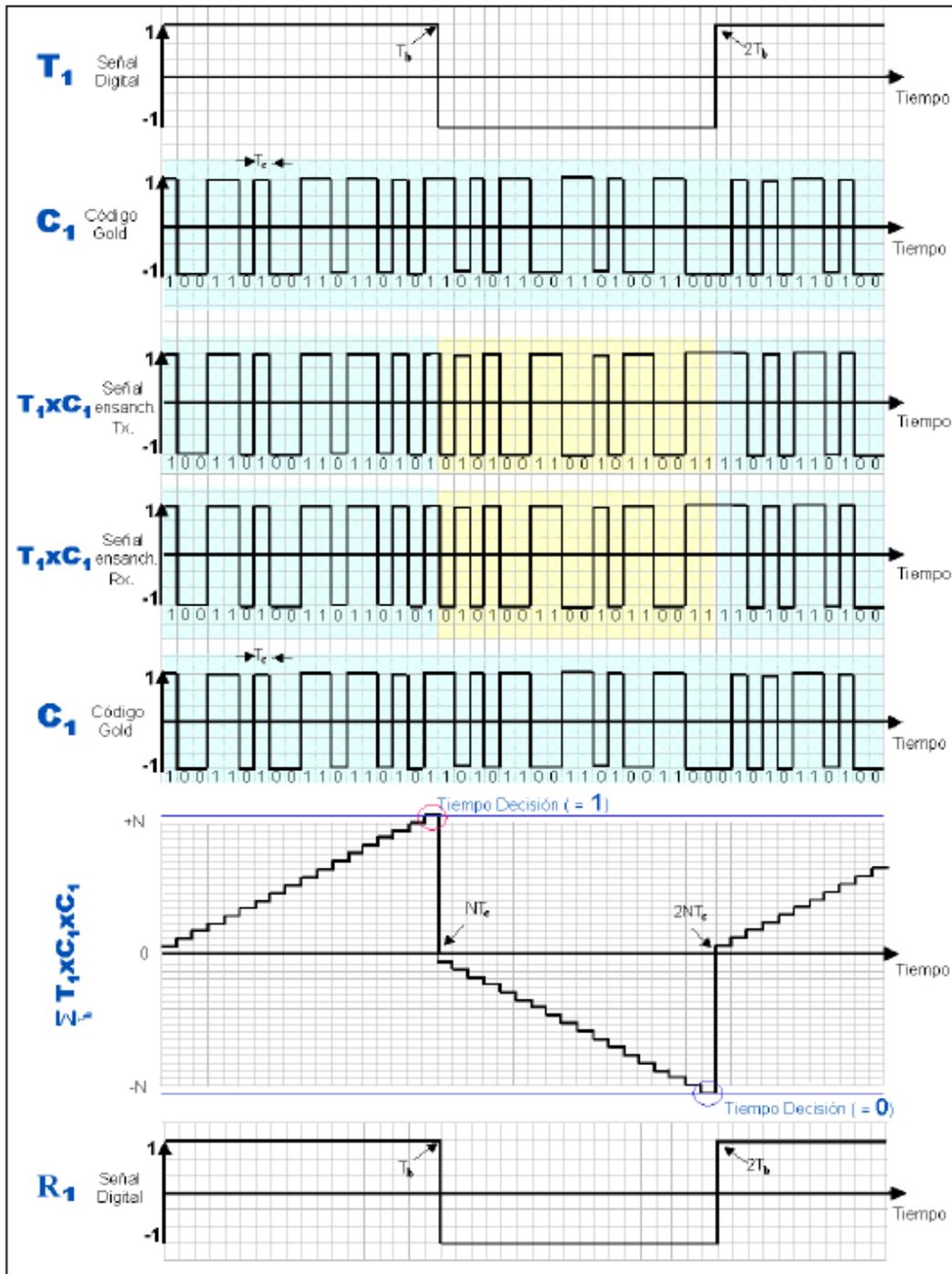


Figura 2.7 Ejemplo de comunicación CDMA con una señal transmitida ( $T_1$ ), un código Gold ( $C_1$ ), un filtro adaptado en recepción ( $\sum T_1 \times C_1 \times C_1$ ) y una señal desensanchada ( $R_1$ )

Si en el ejemplo anterior, en lugar de multiplicar en recepción por el código de Gold  $C_1$ , se multiplica por un código de Gold  $C_2$  igual al código inicial, pero desplazado una muestra se obtendría:

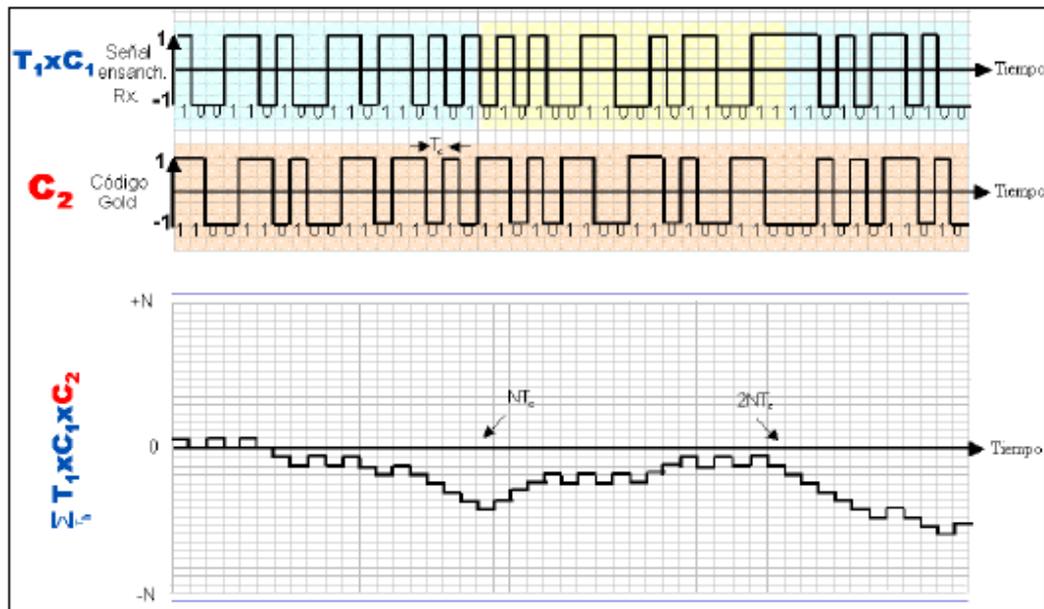


Figura 2.8 Ejemplo de comunicación CDMA con una señal transmitida (T1), un código Gold en  $(\sum_{i=1}^N C_i \cdot C_2)$  recepción erróneo (C2) y un filtro adaptado en recepción

El ejemplo anterior se corresponde con el caso de que el transmisor y el receptor no se encuentren sincronizados. En la figura 2.8 se puede ver como a la salida del filtro adaptado el nivel de la señal en los periodos de muestreo es casi despreciable.

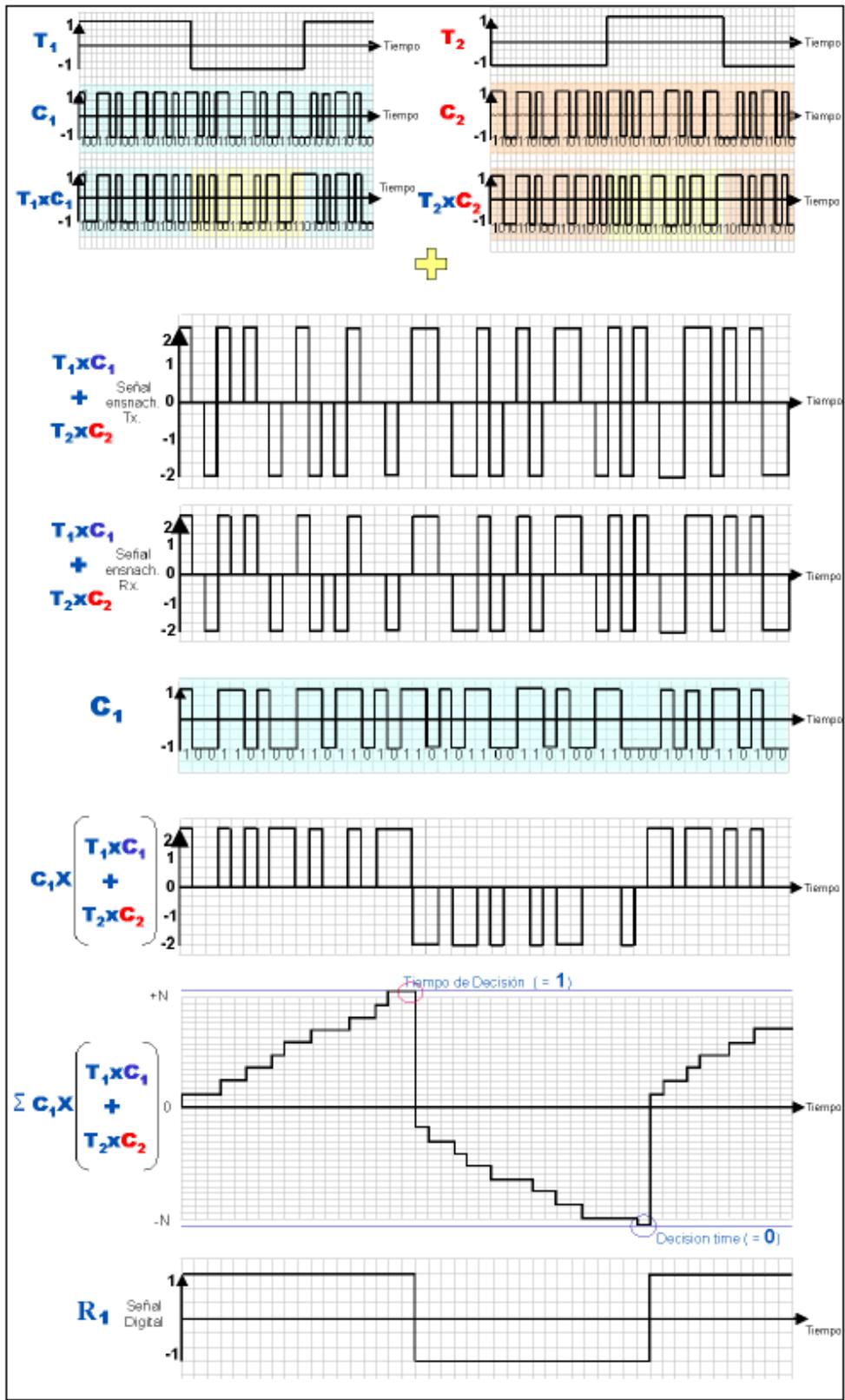


Figura 2.9 Ejemplo de comunicación CDMA con dos señales transmitidas ( $T_1$  y  $T_2$ ), dos códigos Gold ( $C_1$  y  $C_2$ ) y un filtro adaptado en recepción

En la Fig. 2.9 se puede ver como en un entorno multiusuario, donde cada usuario tiene su propio código de Gold, es posible recuperar las señales en recepción multiplicándolas por el código del usuario del cual se quiera recuperar la señal.

### 2.2.5.3 Códigos ortogonales.

En 1923, J.L Walsh definió un sistema de funciones ortogonales. La característica más importante de los códigos de Walsh es la perfecta ortogonalidad entre los códigos, y es por ello, que se utilizan en aplicaciones de comunicaciones. Las secuencias de Walsh son utilizadas en UMTS como códigos de canalización en el Uplink y en el Downlink.

Las secuencias de Walsh se pueden generar con la ayuda de las denominadas matrices de *Hadamard*, las cuales son matrices cuadradas. Cada fila o columna de una matriz de *Hadamard* es una secuencia de Walsh. Las matrices de *Hadamard* se pueden calcular utilizando la siguiente regla recursiva:

$$H_1 = [1]$$

$$H_{2^i} = \begin{bmatrix} H_i & H_i \\ H_i & -H_i \end{bmatrix}$$

O lo que es lo mismo,

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Se puede ver con facilidad que todas las columnas y las filas son mutuamente ortogonales. Las siguientes propiedades se pueden derivar si se define la secuencia de Walsh  $W_i$  como la  $i$ -ésima fila o columna de una matriz de *Hadamard*:

- Las secuencias de Walsh son secuencias binarias con valores de +1 y -1.
- La longitud de las secuencias de Walsh son siempre potencia de 2.
- Siempre hay L secuencias diferentes de longitud L.
- Las secuencias de Walsh son mutuamente ortogonales si están sincronizadas, es decir,  $(l = 0) = 0$  xy  $\phi$ .
- Si dos secuencias de Walsh tienen desplazamiento en el tiempo, la función decorrelación cruzada puede tomar valores mayores que el pico de la función de autocorrelación, el cual es igual a la longitud L de la secuencia. Aunque también es posible que la función de correlación cruzada tome un valor de cero incluso cuando existe cualquier desplazamiento en el tiempo.
- Todas las secuencias de Walsh comienzan por +1.

Otro método para generar códigos ortogonales es utilizando estructuras de árbol:

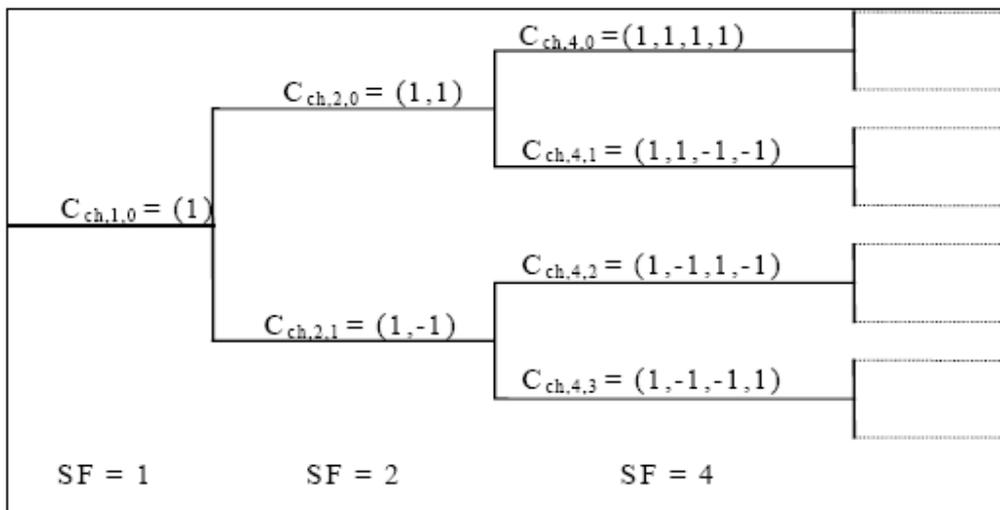


Figura 2.10 Generación de códigos ortogonales mediante las estructuras de Árbol.

La generación de esta estructura de árbol se realiza mediante el siguiente proceso recursivo:

$$C_{2n} = \begin{bmatrix} C_{2n,1} \\ C_{2n,2} \\ \dots \\ C_{2n,2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{n,1} & C_{n,1} \\ C_{n,1} & -C_{n,1} \end{bmatrix} \\ \dots \\ \begin{bmatrix} C_{n,n} & C_{n,n} \\ C_{n,n} & -C_{n,n} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Donde  $C_{2n}$  es un conjunto de códigos ortogonales de tamaño  $2n$  y  $SF$  es el **Spreading Factor (factor de ensanchamiento)**. Las propiedades de ortogonalidad de estos códigos similares a las de los códigos de *Walsh*. El orden de las funciones de la matriz no es el mismo que el de la matriz de *Hadamard*, pero las funciones en si son las mismas.

Las secuencias pertenecientes a la misma rama forman un conjunto de códigos ortogonales, es más, dos secuencias cualesquiera de diferentes ramas son ortogonales excepto si una secuencia es la madre de la otra.

Como ya se ha mencionado, estas secuencias son completamente ortogonales para un retraso cero. Para otros retrasos, tienen muy malas propiedades de correlación cruzada y por eso sólo son apropiados para sistemas síncronos. Debido al efecto de la propagación multicamino, es necesario combinar estas secuencias con otras que eliminen dicho efecto, para evitar la interferencia producida por el mismo código.

La ganancia del rendimiento de los códigos ortogonales depende del perfil del canal, de la dispersión y de las pérdidas debidas a la propagación. Cuanto mejor sea el aislamiento entre células y menor sea el efecto multicamino, mayor será la ganancia del rendimiento del sistema.

En la figura 2.11 se puede ver un ejemplo de la utilización de los códigos ortogonales, en el que dos señales ensanchadas por diferentes códigos ortogonales se transmiten y una de ellas se recupera en el receptor.

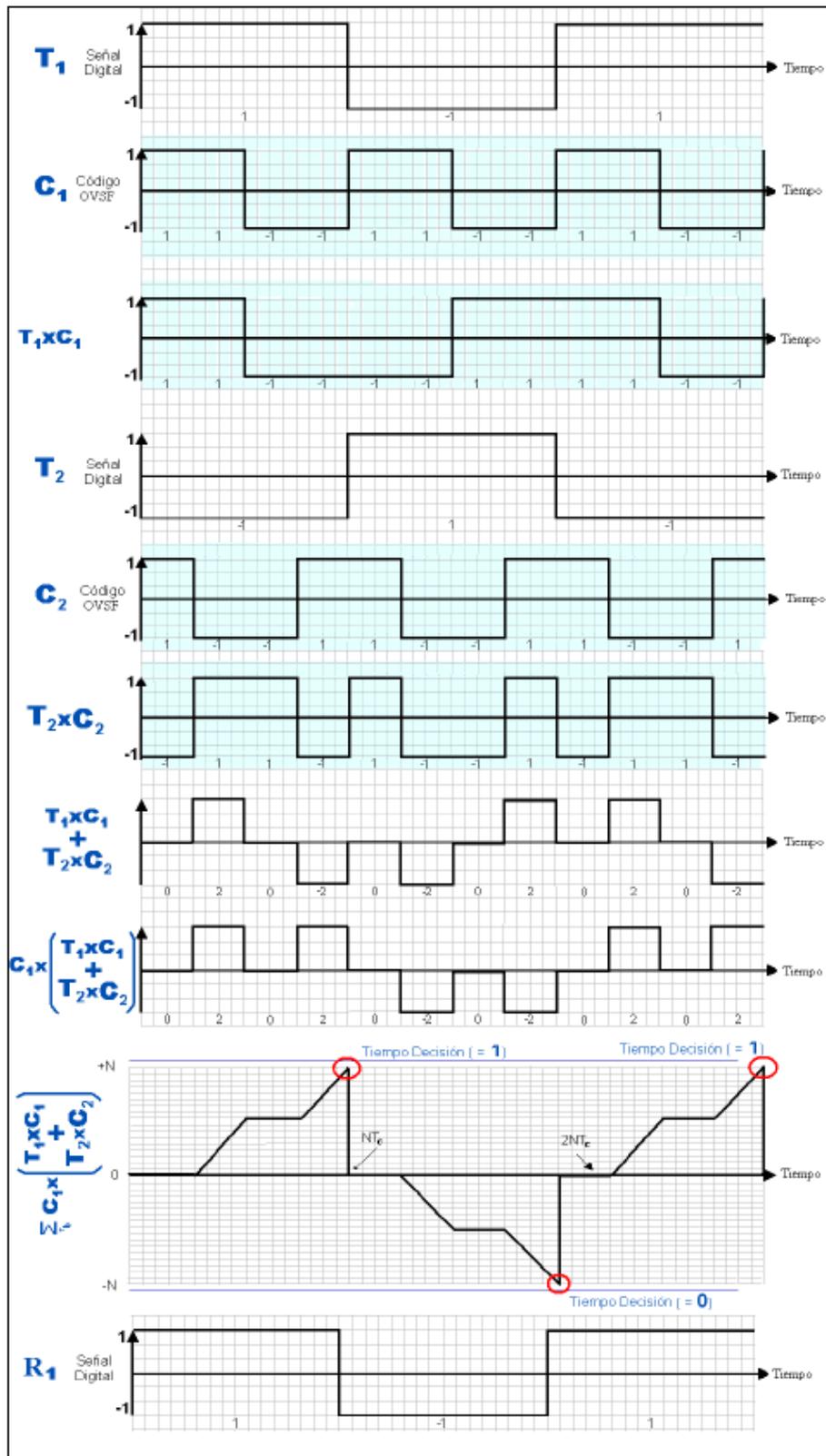


Figura 2.11 Ejemplo de utilización de códigos ortogonales

#### 2.2.5.4 Control de potencia.

En general, control de potencia significa controlar la potencia de transmisión de la señal para optimizar el rendimiento del receptor en el caso en el que múltiples usuarios se encuentren activos en la misma celda y en celdas vecinas. De esta forma se puede optimizar la capacidad del sistema.

A continuación se considerará un caso para el Uplink, en el que todas las **MSs (Estación Móvil)** transmiten con la misma potencia. Las señales recibidas de las MSs cercanas a la **BS (Estación Base)** serán mucho mayores que las señales de MSs lejanas a la BS. En el caso de correlación cruzada perfecta de las señales ensanchadas, el receptor será capaz de recuperar la señal débil.

Pero la realidad es que las propiedades de los códigos CDMA no son perfectas, por lo que es un sistema limitado por interferencia. La interferencia producida por las MSs cercanas bloquea la recepción de las señales débiles. A esto se le llama efecto ***near-far*** (**cerca-lejos**).

Evidentemente, la solución a este problema es realizar algún tipo de control sobre la potencia. En el caso perfecto, la potencia que se recibiría en la BS procedente de cada una de las MSs sería la misma, aunque se seguiría teniendo Interferencia por acceso múltiple (MAI) ya que cada señal causa interferencia a los otros usuarios. En una situación como la del Downlink, debido a las diferentes pérdidas de los caminos para cada MS, la BS transmite las señales de diferentes usuarios con diferentes niveles de potencia. Con un perfecto control de potencia, las señales llegarían a cada usuario con la misma potencia. Esto produciría efecto ***near-far*** porque el nivel de potencia transmitido a una MS cercana sería mucho menor que el transmitido a una MS situada en los límites de la BS. Si se transmitiesen todas las señales con la misma potencia se eliminaría el efecto ***near-far***, pero esto no es posible debido a la limitación de potencia de la BS.

No obstante, en UMTS, se aplica el control de potencia para el Downlink, aunque el objetivo es diferente que en el Uplink. El control de potencia se aplica para proveer un margen de potencia para enlaces de MSs que se encuentran en los límites de la celda, donde sufren interferencia de las celdas vecinas.

## 2.3 Arquitectura del sistema WCDMA.

### 2.3.1 Protocolo de la interfase RAN de WCDMA. Arquitectura RAN en WCDMA.

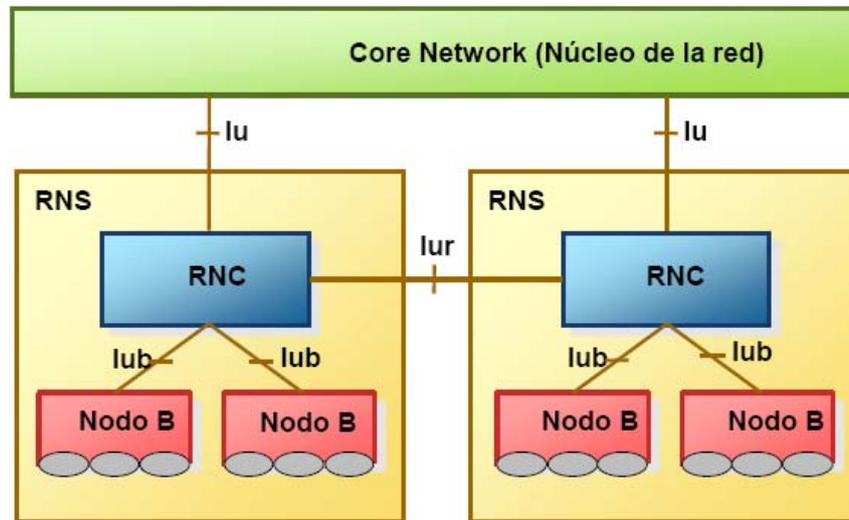


Figura 2.12 La arquitectura de la red de acceso esta compuesta por un conjunto de subsistemas de RNS.

Conceptualmente, la RAN (Radio Accses Network) es la red situada entre el equipo telefónico móvil y el núcleo de la red.

Un RNS (Radio Network System) está compuesto a su vez por:

- Un controlador RNC (Radio Node Controler)
  - Gestiona los recursos radio del conjunto de celdas que controla.
- Uno a mas nodos B, conectados al RNC por medio de la interfaz lub
  - Realiza funciones de nivel físico (codificación, entrelazado, adaptación de velocidad)
  - Se encarga de algunas operaciones de control de los recursos radio (control de potencia)
  - Un nodo B maneja una o más celdas.

Los RNC se conectan entre si mediante la interfaz lur. La interfaz lur se puede materializar mediante una conexión física directa o a través de una red de transporte adecuada ATM (Asyncon Transference Mode).

### 2.3.2 Interfaz lu.

La interfaz lu entre el subsistema de red radio RNS y la red troncal CN (Core Network) se considera dividida en dos interfaces funcionales:

- lu-CS: interfaz con el dominio de conmutación de circuitos

Estructura de protocolos lu-CS

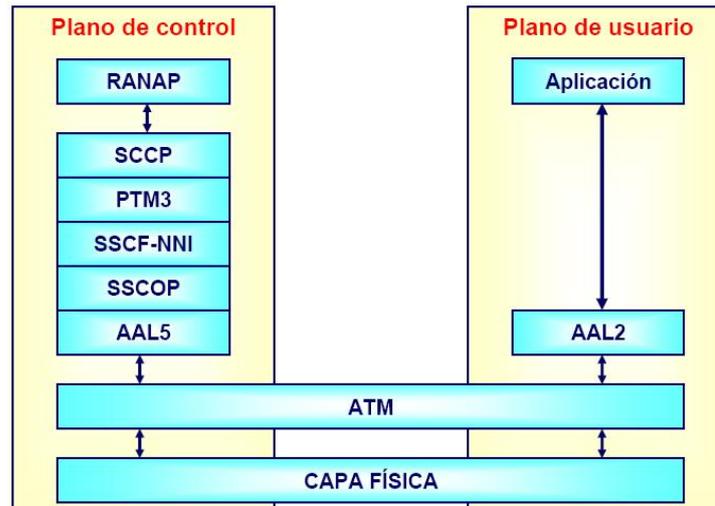


Figura 2.13 interfaz lu

En el plano de control se utilizan los siguientes protocolos:

- RANAP (Parte de Aplicación para el acceso a la red de radio). Parte de la aplicación que define mensajes para establecimiento de conexiones y funciones de control de la movilidad.
  - SCCP (Protocolo de control de llamadas del cliente). Parte de control de la conexión de señalización del SSCC (Sistema de señalización de canal común) No 7.
  - PTM3 Nivel 3 de la parte de transferencia de mensajes del SSCC No7
  - SSCF. Función de control específica del servicio del SAAL (Señalización ATM en la Capa de Aplicación) en redes ATM.
  - SSCOP. Protocolo orientado a conexión del SAAL en redes ATM.
  - AAL5. Nivel de adaptación para segmentar los datos en celdas ATM.
- En el plano de Usuario los datos de la aplicaron se adaptan mediante AAL2 (ATM Adaptación Layer 2) para la transmisión en celdas ATM
- lu-PS. Interfaz con el dominio de conmutación de paquetes.

### 2.3.3 Estructura de protocolos lu-PS.

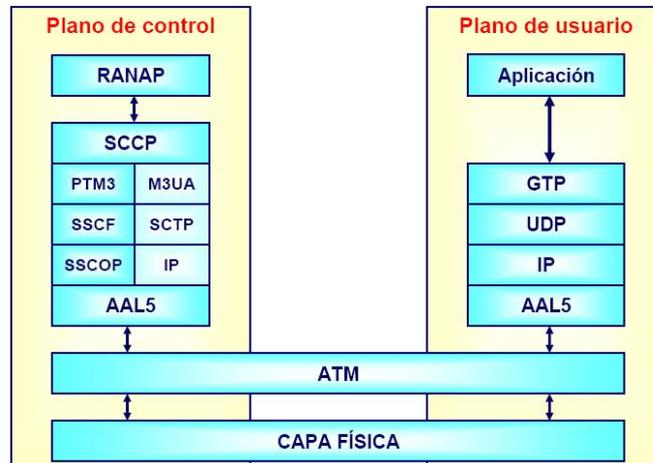


Figura 2.14 Interface lu-PS

En el plano de control existen dos alternativas:

1.- Se utilizan los mismos protocolos que en la interfaz lu-CS, es decir, RANAP<sup>5</sup> sobre los protocolos específicos del SSCC No7.

2.- Se puede utilizar señalización basada en IP:

- M3UA. Nivel 3 de la PTM adaptado
- Sctp. (Protocolo de transmisión de control simple) especialmente diseñado para transporte de señalización en Internet.

En el plano de usuario se utilizan los siguientes protocolos:

- GTP. Protocolo de **tunneling (entubamiento)** para GPRS.
- UDP. Protocolo de transporte no orientado a la conexión.
- IP sobre AAL5

---

<sup>5</sup>Este protocolo controla los recursos en el interfaz lu. Se interrelaciona con RRC para transferir los mensajes de señalización entre el núcleo de red y el equipo móvil.

### 2.3.4 Estructura de protocolos lur.

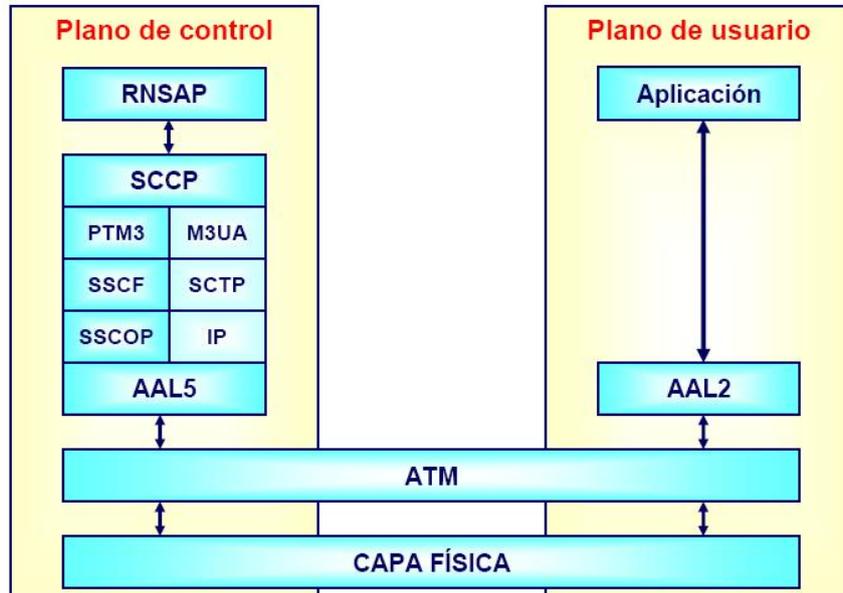


Figura 2.15 estructura de protocolo lur

- La interfaz lur proporciona las siguientes funciones:
  - Soporte básico de la movilidad entre RNCs.
  - Soporte de procedimientos ligados a canales de tráfico dedicados.
  - Soporte de procedimientos ligados a canales de tráfico comunes.
  - Soporte de procedimientos globales
- En el plano de control se utiliza la misma estructura de protocolos de la interfaz lu con una parte de aplicación específica:
  - RNSAP<sup>6</sup> (Protocolo de aplicación del subsistema de red de radio). Parte de aplicación para el subsistema de radio, se divide en cuatro módulos diferentes (un módulo para cada una de las funciones anteriores).
- En el plano de usuario los datos de la aplicación se adaptan mediante AAL2 para la transmisión en celdas ATM.
- AAL2 soporta el transporte ATM de video y voz con velocidad de bits variable y orientado a conexión.

<sup>6</sup> Es el protocolo de señalización de la capa radio que se utiliza en el interfaz lur entre dos RNCs.

### 2.3.5 Estructura de protocolo Iub.

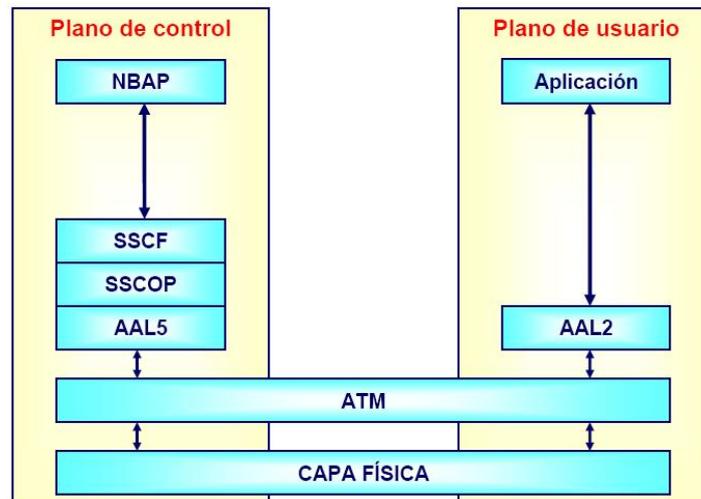


Figura 2.16 Estructura de protocolo Iub.

- Iub es la interfaz entre un controlador de red radio (RNC) y un nodo B
- En el plano de control se utilizan los siguientes protocolos:
  - NBAP (Protocolo de Aplicación para Nodo B). Funciones: gestión de enlaces radio, gestión del nodo B, medidas (potencia), reporte de fallos.
  - SSCF (Función de Coordinación de Servicios Específicos): Función de control específica del servicio del SAAL en redes ATM
  - SSCOP (Protocolo Orientado a la Conexión Específica de Servicios): Protocolo orientado a conexión del SAAL (Señalización ATM en la capa de adaptación) en redes ATM
  - AAL5 (ATM Adaptation Layer 5). Nivel de adaptación para segmentar los datos en celdas ATM
- En el plano de usuario los datos de la aplicación se adaptan mediante AAL2 para la transmisión en celdas ATM

### 2.3.6 Protocolo Uu de la interfase de aire.

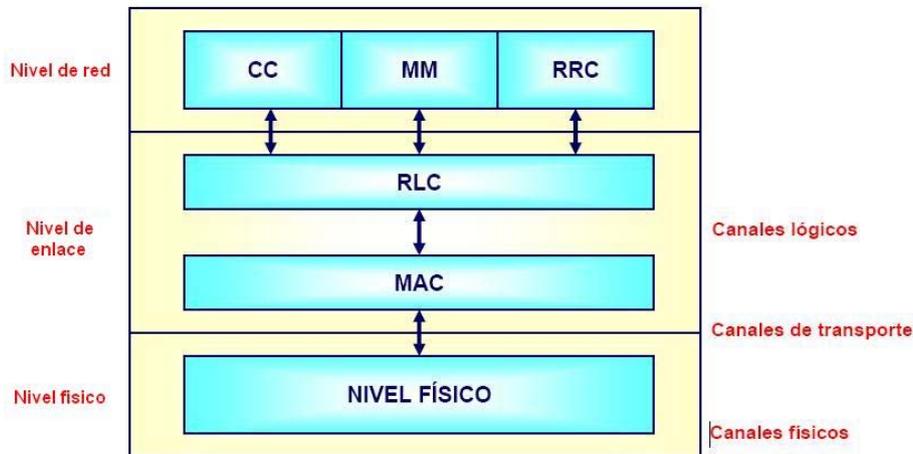


Figura 2.17 Protocolo Uu de la interfase de aire.

- La estructura del protocolo Uu se divide en tres niveles:
- Nivel de red. Compuesto por tres módulos
  - CC Implementa las funciones relacionadas con el control de las llamadas (establecimiento y liberación)
  - MM Realiza funciones relativas a la gestión de la movilidad de los usuarios (localización, actualización de posición, etc.)
  - RRC Control de los recursos radio (handover, control de potencia)
- Nivel de enlace. Se divide en dos subniveles:
  - RLC Realiza las funciones necesarias para el establecimiento, mantenimiento y liberación de una conexión de enlace lógico.
  - MAC Controla el acceso al medio físico (resolución de colisiones)
- Nivel Físico: Proporciona un enlace radioeléctrico y realiza funciones sobre los canales físicos.

### 2.4 Fundamentos de ATM.

ATM para telecomunicaciones, es un modo de transferencia asíncrona con la celda como unidad, “modo de transferencia” se refiere a la manera en que la transmisión, multiplexación y conmutación de la información se realiza en la red de telecomunicaciones.

Asíncrona significa que el flujo de la celda de información que viene de cualquier usuario no debe de ser periódica. Además, ésta transmite solo cuando existe información y deja de transmitir cuando no hay información. De acuerdo con esto, el canal no está siempre ocupado

### 2.4.1 Descripción del proceso ATM.

La información no es transmitida y conmutada a través de canales asignados en permanencia, sino en forma de cortos paquetes (celdas ATM) de longitud constante y que pueden ser enrutadas individualmente mediante el uso de los denominados *canales virtuales* y *trayectos virtuales*.

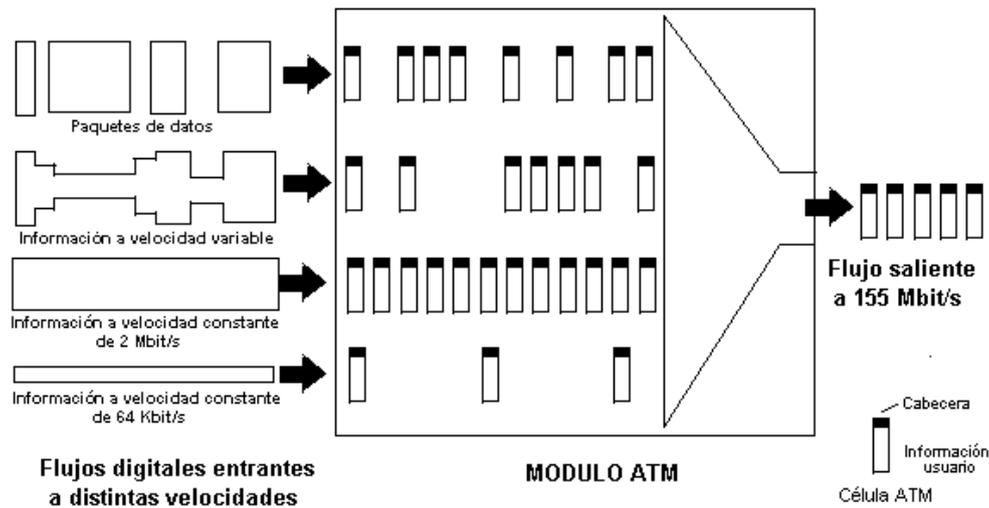


Figura 2.18 Diagrama simplificado del proceso ATM

En la figura 2.18 se ilustra la forma en que diferentes flujos de información, de características distintas en cuanto a velocidad y formato son agrupados en el denominado modulo ATM.

### 2.4.2 Enrutamiento.

ATM ofrece un servicio orientado a conexión, en el cual no hay un desorden en la llegada de las celdas al destino. Esto lo hace gracias a los VP (Ruta Virtual) y VC (Canal Virtual). En el caso de ATM, VP, son los caminos que siguen las celdas entre dos enrutadores ATM pero este camino puede tener varios VC.

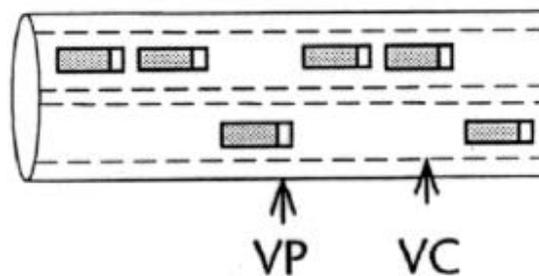


Figura 2.19 Rutas virtuales y circuitos virtuales

En el momento de establecer la comunicación con una calidad de servicio deseada y un destino, se busca el camino virtual que van a seguir todas las celdas. Este camino no cambia durante toda la comunicación, así que si se cae un nodo la comunicación se pierde. Durante la conexión se reservan los recursos necesarios para garantizarle durante toda la sesión la calidad del servicio al usuario.

Cuando una celda llega a un enrutador, este le cambia el encabezado según la tabla que posee y lo envía al siguiente con un VPI (Identificador de Ruta Virtual) y/o un VCI (Identificador de Canal Virtual) nuevo.

El camino inicial de enrutamiento es sacado en la mayoría de los casos a partir de tablas estáticas que residen en los switches también podemos encontrar tablas dinámicas que se configuran dependiendo del estado de la red al comienzo de la conexión, debido a que este es uno de los puntos donde se ha dejado libertad para los fabricantes, gran parte del esfuerzo que están haciendo las compañías esta dedicando a esta área, puesto que puede ser el punto fundamental que les permitirá en el futuro permanecer en el mercado.

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas básicas (Ver figura 2.20). La primera capa llamada capa física, define las interfases físicas con los medios de transmisión y el protocolo de trama para la red ATM es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de muchas tecnologías LAN como **Ethernet (red que ocupa todos los espacios)** que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET<sup>7</sup> SDH (Jerarquía Digital Síncrona), T3/E3, TI/EI o aún en módems de 9600 bps. Hay dos subcapas en la capa física que separan el medio físico de transmisión y la extracción de los datos:

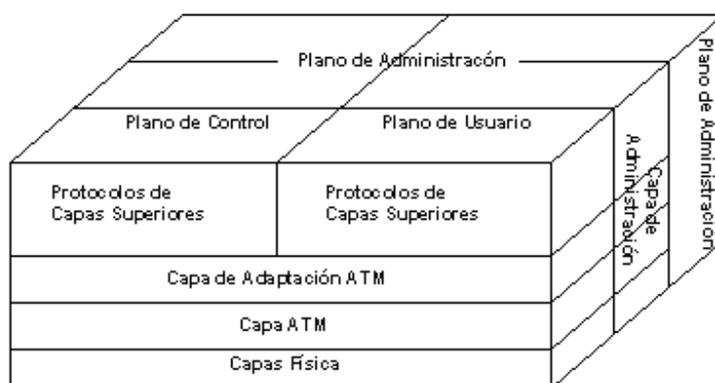


Figura 2.20 protocolo de modelo de referencia para ATM Banda Ancha

<sup>7</sup>Estándar para el transporte de datos en redes de fibra óptica.

La segunda capa es la capa ATM. Ello define la estructura de la celda y cómo las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en una red ATM, esta capa es independiente del servicio. El formato de una celda ATM es muy simple. Consiste de 5 bytes de cabecera y 48 bytes para Payload o carga útil. Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un compromiso entre una larga celda, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos y longitudes de celdas cortas que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que son buenas para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo.

### 2.4.3 Formato de las celdas ATM.

Son estructuras de datos de 53 bytes compuestas por dos campos principales:

- **Header (encabezado)**, sus 5 bytes tienen tres funciones principales: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores, número de secuencia.
- **Payload (carga útil)** tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL (Capa de Adaptación en ATM) que también son considerados como datos del usuario.

Dos de los conceptos más significativos del ATM, Canales Virtuales y Rutas Virtuales, están materializados en dos identificadores en el header de cada célula (VCI y VPI) ambos determinan el enrutamiento entre nodos. El estándar define el protocolo orientado a conexión que las transmite y dos tipos de formato de celda:

NNI (Interfaz de Red a Red): Define la interfaz entre dispositivos de red tales como concentradores o ruteadores y la red de área ancha (ATM WAN).

UNI (Interfaz usuario a red): Define la interfaz entre los nodos de redes tales como **switches (conmutadores)** o entre redes.

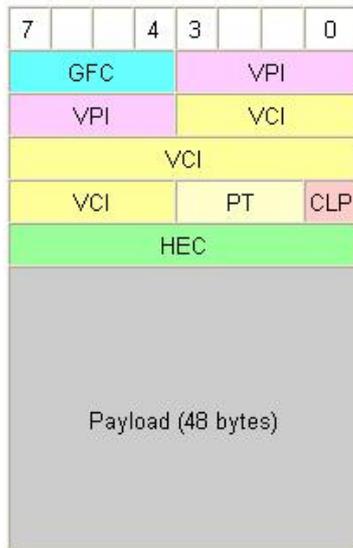


Figura 2.21. Diagrama de una celda UNI

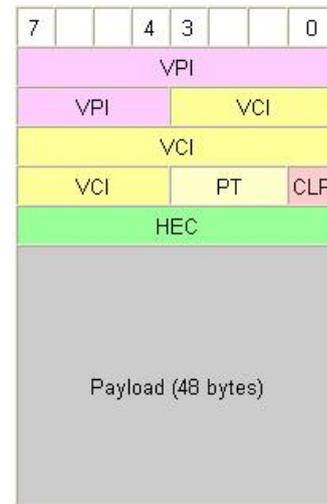


Figura 2.22. Diagrama de una celda NNI

- GFC (Control de flujo Genérico): El estándar originariamente reservó el campo GFC para labores de gestión de tráfico, pero en la práctica no es utilizado. Las celdas NNI lo emplean para extender el campo VPI a 12 bits.
- VPI y VCI Se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la célula.
- PT (Tipo de Información de usuario): identifica el tipo de datos de la celda (de datos del usuario o de control).
- CLP (Prioridad de pérdida de células): Indica el nivel de prioridad de las células, si este bit esta activo cuando la red ATM esta congestionada la célula puede ser descartada.
- HEC (Corrección de error de cabecera): Contiene un código de detección de error que sólo cubre la cabecera (no la información de usuario), y que permite detectar un buen número de errores múltiples y corregir errores simples.

La tercera capa es la AAL (ATM **Adaptation Layer (Capa de Adaptación)**). Esta juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes. Actualmente están definidos cinco tipos de servicio AAL.

Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión.

Servicio	tipo A	tipo B	tipo C	tipo D
Bit rate	fijo	Variable	Variable	Variable
Conexión	Orientado a conexiones	Orientado a conexiones	Orientado a conexiones	Sin Conexión
Adaptación	AAL1	AAL2	AAL3/4	AAL5

Tabla 3. Clasificación de la adaptación AAI

En el sistema WCDMA, se adoptan principalmente las portadoras ALL2 y AAL5.

## 2.5 Interface de aire WCDMA.

### 2.5.1 Tecnologías claves. Modelo de comunicación WCDMA.

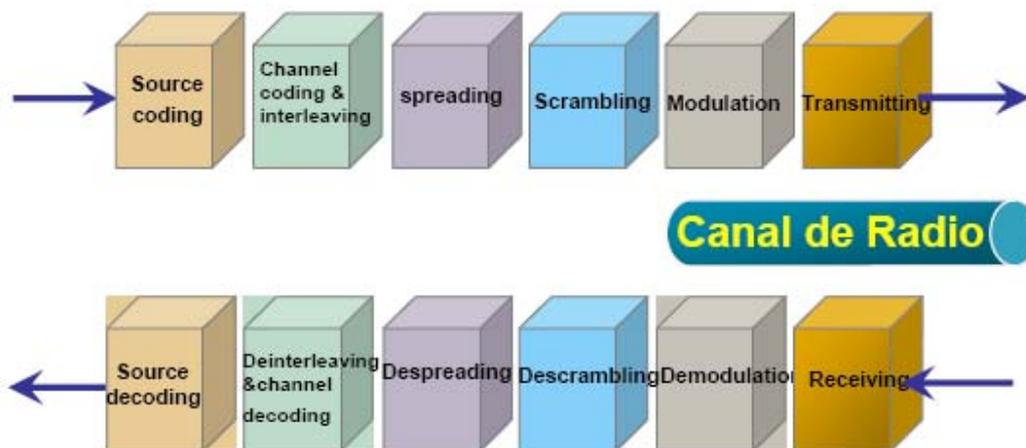


Figura 2.23 Modelo de comunicación WCDMA

#### 2.5.1.1 Codificación de fuente WCDMA.

##### Codificación de voz AMR (Compresión adaptiva multi-taza)

Es un formato de compresión de audio optimizado para la codificación de voz. Gestiona dinámicamente el ancho de banda seleccionando entre ocho diferentes tasas de bits.

Los anchos de banda 12.2, 10.2, 7.95, 7.40, 6.70, 5.90, 5.15 y 4.75 kb/s se basan en muestreos de 160 con duración de 20 milisegundos.

### 2.5.1.2 Código de dispersión OVFS. (Factor de Dispersión de Variable Ortogonal, Walsh).

El código OVFS permite que los usuarios sean identificados de forma única mediante el establecimiento de un enlace único desde el móvil hasta la estación base o celda. Para el manejo del amplio rango de velocidades disponibles, se emplea códigos de extensión variable para la dispersión. Mientras más alta sea la velocidad de datos, más corto será el código OVFS.

Una estación base transmite su código de mezcla exclusivo (dentro de una zona geográfica) para todos los canales físicos. La única excepción es que el código de mezcla se desactiva o se enmascara, el 10% del tiempo final. Esto es para permitir usar nuevamente los códigos OVFS y proveer un identificador único para cada celda o estación base. Como todas las celdas pueden usar la misma frecuencia y el mismo código OVFS, la única forma de permitir que los códigos se usen otra vez en cada estación base es que los mezcles otra vez con un código diferente.

**OVFS: Factor de dispersión de variable Ortogonal, generada por la matriz Walsh**

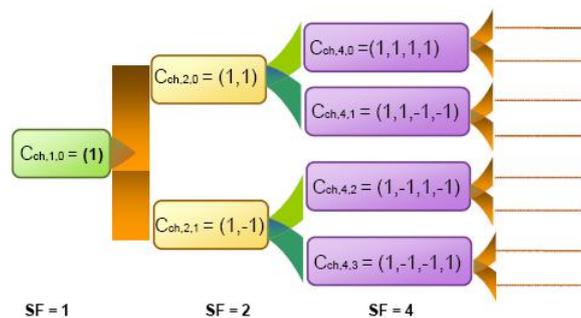


Figura 2.24 Códigos OVFS

Los códigos de canalización utilizan el código OVFS para mantener la ortogonalidad de los diferentes canales físicos del suscriptor. OVFS puede ser definido como el árbol de códigos que se muestra en la figura 2.24.

El código de canalización se define como  $C_{ch, SF, k}$ , donde SF es el factor de dispersión del código, y k es la secuencia del código,  $0 \leq k \leq SF-1$ . Cada nivel de longitud de definición del árbol de códigos es un código de canalización con SF.

## Propósito de OVSF

Servicio típico	Tasa de datos	SF en el Downlink
AMR	12.2, kbps	128
VP	64kbps	64
144kbps	144kbps	32
384kbps	384kbps	8
HSDPA	14.4mbps para una celda	16

Tabla 4. SF en el Downlink de servicios típicos

Los factores de esparcimiento para el Uplink van de 4 a 256, mientras que para el Downlink van de 4 a 512. Por tanto, en el Downlink se puede tener hasta 512 usuarios a 30 Kbps, en cambio, en el Uplink se permitirían hasta 256 usuarios a la misma tasa.

### 2.5.1.3 Código Scrambling: secuencia GOLD.

Existen 2 códigos de scrambling en el enlace de subida. El código de scrambling utilizado es seleccionado por la red. El móvil es informado por un mensaje en el enlace de bajada acerca de cual código utilizar. Dicho código, en raros casos puede cambiar durante su conexión, pero si se da este caso, el código es negociado sobre el canal de control dedicado.

Para los códigos en el enlace de bajada, un total de  $218 - 1 = 262,143$  pueden ser generados. Sin embargo, no todos los códigos son utilizados. Los códigos de scrambling son divididos en 512 juegos, cada uno consiste de un código primario y 15 secundarios.

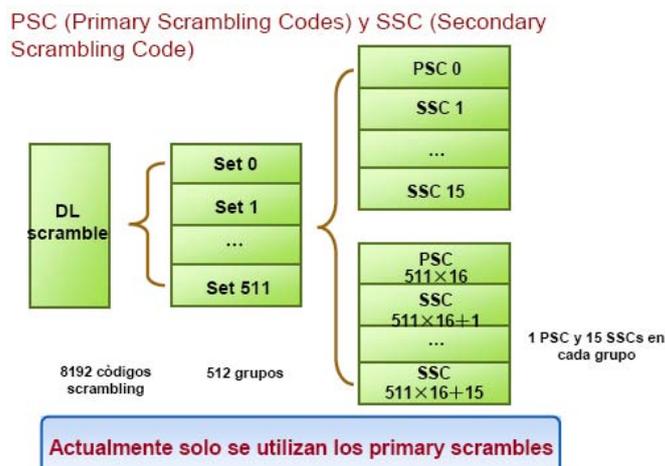


Figura 2.25 matriz walsh

A cada célula se le asigna uno y sólo un código de scrambling primario. Los demás canales del enlace de bajada son transmitidos con el juego de código que pertenecen al código primario asignado a la célula en cuestión.

#### 2.5.1.4 Modulación QPSK.

Se aplica el siguiente proceso: Conversión de la señal de serie a paralelo. Se construyen dos secuencias de velocidad mitad, tomando en una los bits pares y en otras los bits impares. Cada una de las secuencias obtenidas modula una portadora desfasada  $90^\circ$  respecto a la del otro camino.

Las señales resultantes se suman, produciendo una señal conforme a la modulación QPSK (Cambio de fase de cuadratura Keying). Se multiplican las secuencias por secuencias aleatorias para conseguir el ensanchamiento de la señal.

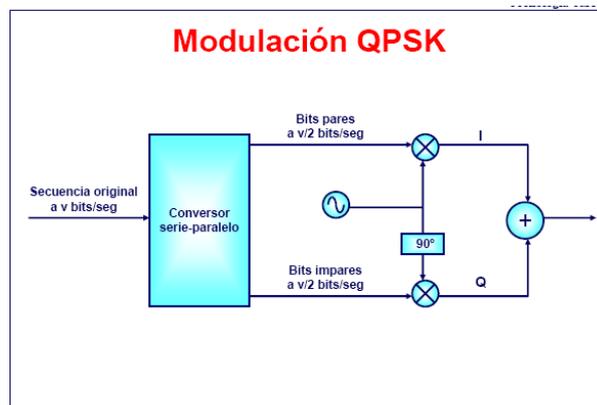


Figura 2.26 Modulación QPSK

#### 2.5.1.5 Receptor RAKE (rastrillo).

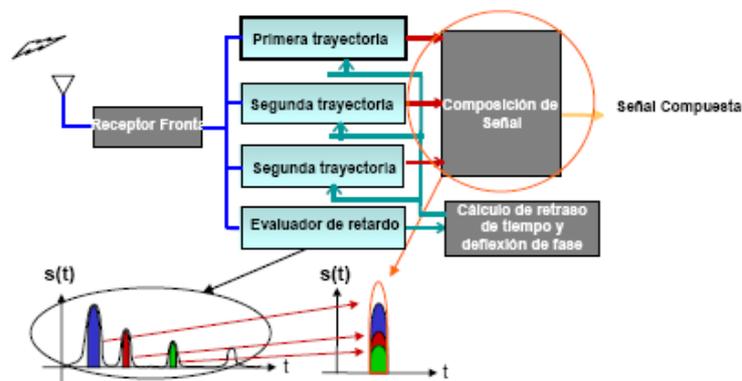


Figura 2.27 receptor RAKE

Tiene una rama por cada componente del multitrayecto, hasta un máximo de 6 trayectos.

Todos las componentes, una vez recuperadas y alineadas entre si, se suman de manera constructiva.

### 2.5.1.6 Control de potencia rápido WCDMA.

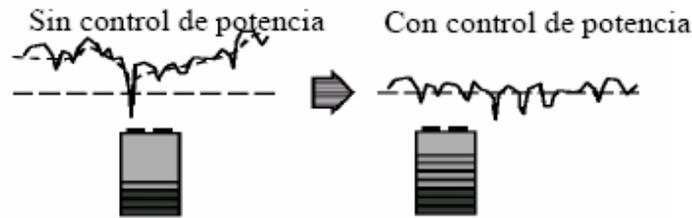


Figura 2.28 control de potencia rápido WCDMA

La velocidad de control de potencia es de 1500 veces por segundo, lo cual es mas rápido que el desvanecimiento, de este modo, es posible resolver el desvanecimiento por obstáculos y el desvanecimiento rápido de forma efectiva. Disminuye la interferencia del sistema, e incrementa la calidad y capacidad del sistema. Ahorra energía y ayuda a extender el tiempo de conversación.

### 2.5.1.7 Handover en WCDMA.

Existen tres clases de handover, el soft handover (traspaso sencillo), el hard handover (traspaso complejo) y el handover (traspaso) entre sistemas. Un proceso de handover iniciado en el sistema, se basa en algunos criterios de RF (Radio Frecuencia); como lo son el nivel de la señal o RSSI (Indicación de Potencia de la Señal Recibida), la calidad de la conexión y el retraso en el nivel de potencia de propagación. Este proceso también puede depender del tráfico actual en la célula.

#### Hard Handover



Figura 2.29 Hard Handover

Características:

- Desconectar el enlace de la celda fuente primero, y después establecer un nuevo enlace con la celda objetivo
- Existe un **GAP (vacío de comunicación)**.
- Ningún sistema CDMA puede realizar solo hard handover.

### Soft Handover



Figura 2.30 Soft Handover

Características:

- Peculiar del sistema CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), solo ocurre entre celdas con la misma frecuencia.
- Establece primero un enlace de radio con la celda objetivo, y después se desconecta de la celda fuente, evitando de esta manera el vacío de comunicación.
- El soft handover ocupa más recursos del sistema que el hard handover.

Si dos celdas que están realizando soft handover pertenecen al mismo nodo B, se puede realizar la máxima razón de combinación en el uplink, a esta condición se le llama soft handover.

El handover entre sistemas consiste en el cambio de un sistema a otro completamente diferente, por ejemplo, un cambio de WCDMA a GSM.

## 2.5.2 Canales de Radio.

### 2.5.2.1 Clasificación de los canales.

De acuerdo a la estructura del protocolo, los canales de WCDMA se puede clasificar como:

- Canales lógicos: transportan directamente los datos del usuario
- Canal de control para la transferencia de información de control
- Canal de tráfico para la transferencia de información del usuario

- Canal de transporte: Un canal de transporte se define por como y con que características se transfieren los datos a través de la interfase de aire. Se tienen dos tipos de canales de transporte
- Canal dedicado
- Canal común
- Canal físico: La composición final de todos los tipos de información transferidos en la interfase de aire.

### 3. Streaming de video sobre redes telefónicas 3G.

#### 3.1 Arquitectura de sistemas para streaming de video.

Un sistema típico de streaming de video consiste de la construcción de siete bloques, como se ilustra en la figura 3.1, el video y audio en bruto son precomprimido por algoritmos de compresión de audio y video y luego guardado en dispositivos de almacenamiento. Sobre la demanda de los clientes, un *servidor de streaming (descarga de audio y video)*, recupera los datos comprimidos de dispositivos de almacenamiento, y luego el módulo de *control de QoS en la capa de aplicación* adapta los flujos de bits de audio y video de acuerdo al estado de la red y a los requerimientos de QoS. Después de esta adaptación, los protocolos de transporte paquetizan los flujos de bits comprimidos y envían paquetes de audio y video a el Internet o a las redes inalámbricas IP. Los paquetes pueden ser eliminados o experimentar retardos excesivos en Internet debido a la congestión; en segmentos inalámbricos IP, los paquetes pueden dañarse por bits erróneos. Para mejorar la calidad de transmisión de audio y video, se desarrollaron en Internet los *servicios de distribución continua multimedia*.

- Streaming de video implica que el contenido de video no necesita ser descargado por completo, éste comienza a presentarse mientras partes del contenido comienzan a recibirse y a decodificarse

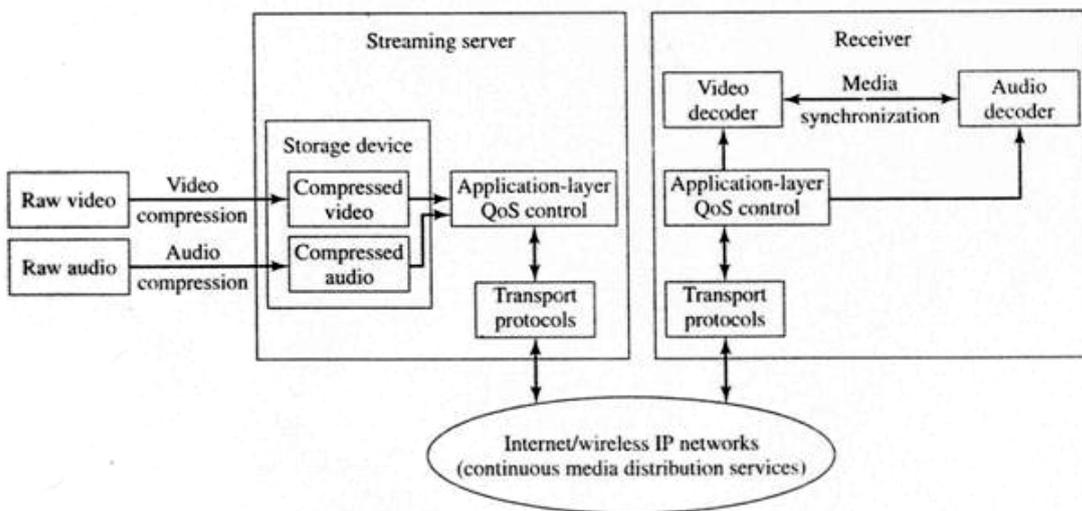


Figura 3.1 Arquitectura para streaming de video.

Los paquetes que son repartidos afortunadamente al primer receptor pasan a través de las capas de transporte y luego son procesados por la capa de aplicación antes de comenzar a decodificarlos en el decodificador de audio y video.

Para lograr sincronización entre las presentaciones de audio y video, se requiere de mecanismos de sincronización multimedia. De la figura 3.1 se puede ver que las siete áreas están estrechamente relacionadas y son constituyentes coherentes en la arquitectura de streaming de video.

En lo siguiente, se describen brevemente las siete áreas, respectivamente.

1. **Compresión de Vídeo:** El video en bruto tiene que ser comprimido antes de la transmisión para que se ésta se logre eficientemente. Los esquemas de compresión de video pueden clasificarse en dos categorías: codificación de video escalable y no escalable. Puesto que el video escalable es capaz de enfrentarse graciosamente con el ancho de banda que fluctúa en Internet [29], se hace referencia primeramente a las técnicas de codificación de video escalable.
2. **Control de QoS en la capa de aplicación para streaming de video:** Para enfrentarse con las condiciones cambiantes de la red y la cambiante presentación de calidad de servicio demandada por los usuarios, se han propuesto varias técnicas de control de QoS en la capa de aplicación [15, 37]. Estas técnicas incluyen control de congestión y control de error. Sus respectivas funciones son: Se emplea control de congestión para evitar pérdida de paquetes y disminuir el retardo. Control de error, por otro lado, mejora la presentación de la calidad de video en presencia de paquetes perdidos. Aquí se puntualiza en aquellas que son efectivas para aplicaciones de streaming de video.
3. **Servicios de distribución continua multimedia:** Para proveer presentaciones multimedia de calidad, el soporte de la red es importante. Esto es por que el soporte de la red puede reducir el retardo de transporte y la razón de pérdida de paquetes. Los servicios de distribución continua multimedia son capaces de lograr QoS y eficiencia para streaming de audio y video, además incluyen filtros de red, nivel de aplicación multicast<sup>8</sup>, y réplica de contenido.
4. **Servidores de streaming:** Los servidores de streaming juegan un papel muy importante para proveer servicios de streaming de calidad, ya que para procesar datos multimedia bajo un tiempo obligado y soportar el control de operaciones interactivas tales como pausa/reanudar, adelantado y atrasado rápido, se requiere de estos. Además, los servidores de streaming tienen que recuperar componentes multimedia en una manera síncrona. Un servidor de streaming típicamente consiste de tres subsistemas, es decir, un comunicador (protocolos de transporte), un sistema operativo, y un sistema de almacenamiento.

---

<sup>8</sup> Modo de transferencia de datos en una red de manera simultánea hacia varios receptores.

5. Mecanismos de sincronización multimedia: La Sincronización multimedia es la mayor característica que distingue las aplicaciones multimedia de otras aplicaciones de datos tradicionales. Con estos, la aplicación en el lado del receptor puede presentar varios flujos multimedia de la misma forma que fueron originalmente capturados. Un efecto típico de sincronización multimedia es que los movimientos de los labios de una persona que está hablando corresponde al audio que se presenta.
6. Protocolos de streaming para multimedia: Los protocolos son diseñados y estandarizados para comunicaciones entre clientes y servidores de streaming. Estos protocolos proveen servicios tales como direccionamiento de redes, transporte, y control de sesión. De acuerdo a sus funcionalidades, los protocolos pueden ser clasificados en tres categorías: (1) protocolos de capa de red como IP, (2) protocolo de transporte como UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario), y (3) protocolo de control de sesión como RTSP (Protocolo de streaming en tiempo real).
7. Streaming de video sobre redes inalámbricas IP: Las fluctuaciones de condiciones en el canal inalámbrico plantean muchos desafíos a la provisión de QoS (Calidad de servicio) para transmisión sobre redes inalámbricas IP. Para direccionar este problema, una estructura adaptiva incluye representaciones de video escalable, aplicaciones de video consientes de la red, y servicios adaptivos.

Microsoft diseñó una arquitectura que permite visualizar vídeo en tiempo real (streaming) mientras éste se va reproduciendo desde el servidor, conocida como Windows Media. Microsoft proporcionó también una herramienta conocida como DirectShow que permite a los desarrolladores adaptar sus codecs (codificador-decodificador) a archivos AVI (Intercalado de Audio y Vídeo), Windows Media y MPEG (Grupo Experto para Imágenes en Movimiento).

La finalidad de una arquitectura como AVI<sup>9</sup> o QuickTime<sup>10</sup> es la de permitir que los desarrolladores puedan integrar de forma sencilla aplicaciones de compresión y descompresión de materiales multimedia sobre cada sistema operativo. En principio AVI y Quick Time aceptan cualquier tipo de compresor o técnica de compresión de vídeo, siempre que el desarrollador del código siga las normativas definidas para la correcta integración del codec sobre cada sistema operativo.

---

<sup>9</sup> Formato desarrollado por Microsoft para archivos de sonido y/o vídeo en los sistemas.

<sup>10</sup> Formato desarrollado por Apple que consta de un conjunto de bibliotecas y un reproductor multimedia.

Uno de los principales problemas de las arquitecturas AVI es que para poder visualizar su contenido es necesario tener todo el archivo en el disco duro o DVD/CD-ROM. O sea, no es posible por ejemplo reproducir la secuencia de vídeo a medida que se va descargando de Internet. Para solucionar este problema Microsoft diseñó otra arquitectura que permite visualizar vídeo a tiempo real (streaming) mientras éste se va reproduciendo desde el servidor, conocida como Windows Media. Microsoft proporcionó también una herramienta conocida como DirectShow que permite a los desarrolladores adaptar sus codecs a archivos AVI, Windows Media y MPEG.

Internet está ejerciendo una fuerte presión para la implementación de un conjunto de arquitecturas diseñadas específicamente para aplicaciones de streaming, entre ellas las más comunes son Windows Media para PC, QuickTime para Apple y RealSystems para servidores web. Todas ellas, al igual que en el caso de AVI, son estructuras que admiten distintos codecs, hasta es posible encontrar el mismo codec en distintas arquitecturas. Por lo tanto, la extensión del fichero que se ve en el ordenador como AVI, MOV, WMV, RM, etc., no define el codec que se ha utilizado para comprimir el vídeo, así que tampoco indica la calidad resultante de la información codificada.

Una de las últimas arquitecturas para streaming que ha creado Microsoft es el ASF (Formato de Streaming Avanzado). Este producto se encuentra en dos paquetes básicos: NetShow Server para Windows NT, que es el encargado de suministrar las imágenes a los usuarios conectados a la red, y el NetShow Player que permite la visualización de estos contenidos a usuarios que utilicen Windows NT, Windows 95/98 y versiones posteriores del sistema operativo. Los archivos codificados en ASF<sup>11</sup> pueden proporcionar varias ventajas respecto a las arquitecturas AVI, entre ellas la posibilidad de rebobinar y realizar un fast-forward del contenido que entrega el servidor. Esta opción tan solo es posible si el servidor es de streaming y tiene el NetShow Server instalado, un servidor web convencional no contempla esta posibilidad.

### **3.1.1 El servicio de streaming proporcionado por InterHost (proveedor de servicios externo).**

La arquitectura para streaming está integrada dentro de la infraestructura general del los centros de InterHost<sup>12</sup>, ubicándose sus componentes en diferentes zonas.

---

<sup>11</sup> Este es un contenedor multimedia de audio y video digital, diseñado especialmente para streaming.

<sup>12</sup> Servicio externo de alojamiento, administración y mantenimiento de contenidos.

### **3.1.1.1 Producción de contenidos.**

Este aspecto no se contempla, dado que partimos de una serie de ficheros convenientemente codificados. Los formatos a emplear son QuickTime y Microsoft Media Technologies y RealNetworks (en el futuro).

### **3.1.1.2 Publicación de contenidos.**

Los contenidos codificados son transmitidos a través de Internet. InterHost habilita los mecanismos de publicación siguiendo las indicaciones del cliente. En una fase de arranque y planificación se decide cómo abordar esta tarea.

### **3.1.1.3 Almacenamiento.**

Los contenidos de streaming serán replicados en el servidor de ficheros de InterHost ubicado en la zona de datos. El servicio es altamente redundante y de gran capacidad (varios TeraBytes). Los contenidos están en una zona segura, y como ventaja fundamental cabe señalar que los filers consolidan notablemente el almacenamiento al permitir servir ficheros en modo nativo tanto a servidores UNIX como WNT y W2000. Además gracias a su tecnología de appliance estos sistemas están específicamente diseñados para una sola tarea (el servicio de ficheros) que ejecutan con extraordinaria eficiencia

## **3.2 Compresión de video.**

En 1982 el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiodifusión), definió la recomendación CCIR-601 (actualmente conocida como ITU-R BT-601). En ésta se especifican los requisitos bajo los que se deberán basar los sistemas de televisión digital de 525 y 625 líneas con relaciones de aspecto de 4:3 y 16:9. En este estándar uno de los parámetros contemplados es el ancho de banda resultante después de aplicar el proceso de conversión de analógico a digital de la señal de vídeo. El resultado de esta conversión trabajando a 8 bits es de 216 Mb/s.

Es evidente que en la actualidad, prácticamente 20 años más tarde, nos sigue pareciendo un valor relativamente excesivo para la mayoría de aplicaciones audiovisuales que existen en el mercado. A pesar de ello, esto no significa que la recomendación 601 estuviera planteada en exceso o mal planteada, sino que en aquella época se diseñó una norma pensando en el futuro. En aquel momento eran realmente pocas las máquinas capaces de trabajar con esos flujos de datos a tiempo real, y las pocas que existían eran realmente caras, como por ejemplo el magnetoscopio D1 de Sony.

En la actualidad existen cámaras, magnetoscopios y algunos ordenadores especialmente diseñados para poder soportar estos flujos de datos. Aún así, esta no es la práctica habitual, ya que los precios de estos equipos son desorbitados y la calidad que ofrecen es subjetivamente parecida a la que se puede conseguir

mediante la utilización de técnicas de compresión con dispositivos mucho más sencillos y económicos.

Esta realidad está afectando al mercado doméstico, permitiendo que una persona pueda grabar una imagen de calidad muy satisfactoria, con una cámara por ejemplo en formato MiniDV, la cual entrega un flujo de datos de 25 Mbits/s, y que pueda editar sus videos con un ordenador personal convencional a un precio muy competitivo.

Pero la compresión de vídeo también se encuentra presente en el sector profesional, observándose cómo las antiguas y costosas salas de edición en Betacam cada vez más van siendo sustituidas por potentes ordenadores a precios mucho más accesibles que los de las antiguas salas, y obteniendo calidades de imagen muy similares. Esto significa que la mayor parte del mercado profesional ha preferido apostar por formatos más económicos y de calidad similar a la que ya tenían con los sistemas analógicos a realizar grandes inversiones para conseguir factores de calidad que difícilmente hubieran podido justificar en las juntas de administración.

Puesto que el video en bruto consume gran cantidad de ancho de banda, se tiene que comprimir antes de la transmisión. Los esquemas de compresión de video pueden ser clasificados en dos categorías: codificación de video escalable y no escalable. Un esquema de codificación de video escalable produce un flujo de bits comprimido, partes del cual son decodificables. Comparado con decodificación completa del flujo de bits, la decodificación de parte del flujo de bits comprimido produce imágenes con calidad degradada, menor tamaño de la imagen, o menor velocidad de cuadro. Se ha mostrado que el video escalable es capaz de enfrentarse agradadamente a las fluctuaciones del ancho de banda sobre Internet [27, 29]. En contraste, el video no escalable es más susceptible a variaciones del ancho de banda, puesto que no puede adaptar su representación de video a fluctuaciones del ancho de banda [29]. Además, la representación de video escalable es un significado efectivo para lograr eficiencia y flexibilidad para multicasting de video sobre redes heterogéneas (redes con diferentes enlaces de acceso al ancho de banda) [27, 29]. Por estas razones, todos los servicios de streaming de video emplean técnicas de codificación de video escalable. En lo siguiente, se presentan los mecanismos de control de QoS de la capa de aplicación, los cuales adaptan los flujos de video de acuerdo a los requerimientos de estados de red y QoS.

Las técnicas de compresión pueden clasificarse en dos grupos, las que son **reversibles (lossless)** y las que son **irreversibles (lossy)**. Las reversibles son aquellas en las que después del proceso de compresión/ descompresión los datos resultantes no han sufrido ninguna degradación ni pérdida de calidad. Las irreversibles son aquellas en las cuales una vez realizado el proceso de compresión/ descompresión el contenido resultante ha sufrido una degradación mas o menos perceptible.

En la mayoría de aplicaciones audiovisuales se debe utilizar técnicas irreversibles, ya que éstas son las que permiten elevados factores de compresión.

Dentro de las técnicas de compresión irreversibles las más utilizadas e inmediatas son aquellas que consisten en eliminar información reduciendo el tamaño de la imagen, eliminando fotogramas o asignando menor cantidad de bits al codificar cada píxel.

Aun así existe un conjunto de técnicas bastante más complejas, que permiten también la reducción de datos, con las que se pueden conseguir elevados factores de compresión. La más extendida de ellas es la compresión temporal, que consiste en analizar una secuencia de vídeo para que en lugar de transmitir todos los fotogramas consecutivos tan solo se codifique un fotograma y la diferencia entre éste y sus fotogramas cercanos. Por ejemplo, se codifica el fotograma 1 entero y en lugar de codificar el fotograma 2 tan solo se codifica aquella información que es distinta entre los fotogramas 1 y 2. Esto permite que en aquellas secuencias en las que la información es muy redundante (o sea existen muy pocas variaciones entre fotogramas consecutivos) se consigan factores de compresión muy elevados, ya que la diferencia entre ellos es prácticamente nula. La mayoría de las técnicas de compresión temporal que se utilizan en la actualidad no se basan tan sólo en la codificación de la diferencia entre fotogramas consecutivos, sino que lo que codifican es la diferencia entre un fotograma y la predicción del siguiente, lo cual eleva mucho el cómputo del procesado y permite obtener a cambio un flujo de datos mucho más reducido y una imagen de calidad óptima.

El uso de estas técnicas se encuentra tanto en aplicaciones de televisión digital con relaciones de compresión que no suelen superar los 10:1 y sin una aparente pérdida de calidad de imagen como en aplicaciones multimedia con factores de compresión que pueden llegar a ser de 200:1. Estas técnicas de compresión orientadas al sector multimedia se encuentran implementadas en pequeñas aplicaciones llamadas codecs, pequeños programas que incorporan los procesos necesarios para la compresión de una señal.

Para que no existan problemas a la hora de intercambiar archivos comprimidos es necesario que se encuentren ubicados en una arquitectura definida mediante un estándar, de manera que se garantice la correcta generación, transmisión, almacenamiento y visualización de los contenidos entre distintos ordenadores. En realidad las primeras arquitecturas que aparecieron y que se han acabado convirtiendo en estándar son las estructuras AVI (Audio Video Interleave) de Microsoft y la estructura QuickTime de Apple. Posteriormente se creó el estándar MPEG.

La finalidad de una arquitectura como AVI o QuickTime es la de permitir que los desarrolladores puedan integrar de forma sencilla aplicaciones de compresión y descompresión de materiales multimedia sobre cada sistema operativo. En principio AVI y Quick Time aceptan cualquier tipo de compresor o técnica de

compresión de vídeo, siempre que el desarrollador del código siga las normativas definidas para la correcta integración del codec sobre cada sistema operativo.

Existe una gran cantidad de codecs adaptados a las arquitecturas AVI y QuickTime. Esto supone que una misma secuencia de vídeo puede tener calidades distintas en función del codec utilizado para comprimirla aunque en todas ellas se haya utilizado la misma arquitectura. Algunos de los codecs más conocidos son el Cinepack, Indeo 3.2, Indeo 4.1, 4.2 y 4.3, Indeo 5.1 y 5.2 Microsoft RLE, Sorenson, DivX, H261, H263

Uno de los principales problemas de las arquitecturas AVI es que para poder visualizar su contenido es necesario tener todo el archivo en el disco duro o DVD/CD-ROM. O sea, no es posible por ejemplo reproducir la secuencia de vídeo a medida que se va descargando de Internet.

El estándar oficial definido para la compresión de vídeo es el MPEG. Se trata de un grupo que depende de la ISO (Organización Internacional de Estandarización), formado por más de 70 organismos internacionales que tienen como objetivo definir los procesos de compresión de vídeo para aplicaciones que van desde la producción y difusión de televisión digital hasta la gestión de datos multimedia, pasando por utilidades interactivas como pueden ser la videoconferencia a través de telefonía móvil o la recepción de televisión en una palm (asistente digital personal).

Este estándar ha ido evolucionando con el paso del tiempo y se ha ido adaptando a las exigencias del mercado. Empezó mediante la creación del estándar MPEG-1, planteado con la finalidad de almacenar una película entera sobre un CD-ROM convencional, generando secuencias de 352x288 pixels de resolución y 15 fps.

Posteriormente se definió el MPEG-2. En este caso su mercado principal era la televisión digital, o sea imágenes de 720x576 a 25 fps (en Europa). A pesar de ello el estándar contempla multitud de calidades distintas que van desde formatos de resolución reducida (similar al MPEG-1) hasta aplicaciones de HDTV (Televisión de Alta Definición) con resoluciones de 1920x1080 pixels y hasta 60 fps, pasando por la compresión de contenidos para DVD.

Uno de los últimos estándares definidos por la MPEG es el MPEG-4. Este complejo algoritmo de compresión tiene por finalidad el tratamiento de la imagen como objetos multimedia, permitiendo al usuario interactividad con el contenido. Este estándar por lo tanto no tiene como objetivo principal la compresión de imágenes sino que en lugar de tratar una imagen como un elemento único la descompone en múltiples objetos independientes entre sí.

Por ejemplo: supongamos que partimos de una imagen de una persona hablando mediante la codificación en MPEG-4, que puede considerar como objetos independientes la boca, la nariz, los ojos, etc., de esta manera un usuario que tenga el control de estos parámetros puede interactuar con la imagen, haciendo

que hable mediante por ejemplo unos controles de voz o sensores de realidad virtual.

Actualmente este formato se ha hecho muy popular en Internet aunque tan solo se esté utilizando una mínima parte de su potencial (teniendo en cuenta los elevados factores de compresión que es capaz de soportar) con unos resultados visuales muy satisfactorios. Uno de los codecs que basa su compresión en algunos de los parámetros definidos en el estándar es el conocido DivX: en este caso se considera toda la imagen como un único objeto rectangular.

Otros formatos como el MPEG-7 y el MPEG-21 están en la actualidad en pleno desarrollo. Con ellos se pretende generar potentes bases de datos capaces de gestionar e introducir técnicas de acceso condicional a contenidos multimedia.

Asimismo, actualmente se están ofreciendo diversas alternativas de streaming orientadas al sector del vídeo profesional (broadcast). Entre ellas se encuentran el Microsoft Windows Media 9 y el estándar definido por la ITU (Organización Internacional de Telecomunicaciones) bajo la nomenclatura ITU H-264/AVC.

Estas arquitecturas están diseñadas para permitir la codificación y difusión de vídeo de diversas calidades a través de reducidos anchos de banda, como es el caso de la telefonía de tercera generación UMTS (Sistema Móvil Universal de Telecomunicación), y contemplan la posibilidad de incorporar técnicas de codificación de audio multicanal.

### **3.2.1 Compresión de vídeo digital.**

Si utiliza vídeo digital, el tamaño de los archivos es una cuestión importante, ya que los archivos de vídeo digital suelen necesitar mucho espacio de almacenamiento en el disco duro. La solución está en la *compresión*, en hacer los archivos más pequeños.

En los archivos de texto, el tamaño no es tan importante, ya que los archivos están llenos de “espacios” y pueden comprimirse mucho; un archivo de texto puede hacerse, al menos, un 90 por ciento más pequeño, dando lugar a una proporción (relación de los datos comprimidos con los no comprimidos) de compresión alto. Otros tipos de archivos, como el vídeo MPEG o las fotografías TPEG, prácticamente no se comprimen, porque ya tienen un formato muy comprimido.

#### **3.2.1.1 Necesidad de comprimir el vídeo digital.**

El vídeo digital se comprime porque necesita una gran cantidad de espacio en su forma original. Al comprimir el vídeo, facilita el almacenamiento. El vídeo digital puede comprimirse sin afectar prácticamente a la calidad del producto final, ya que sólo afecta a las partes del vídeo que las personas no podemos detectar. Por ejemplo, existen miles de millones de colores pero sólo podemos percibir unos 1024 tonos. Puesto que no podemos discernir la sutil diferencia entre un tono y el

siguiente, no necesitamos conservar todos los colores. Además existen imágenes redundantes; si cada fotograma de un vídeo de 60 segundos tiene la misma silla en el mismo lugar, ¿para qué guardar los datos de esa silla en cada fotograma? Comprimir un vídeo es básicamente el proceso de eliminar todo lo que no podemos percibir. Las cámaras de vídeo digital estándar comprimen vídeo a una razón de 5 a 1 y hay formatos que permiten comprimir vídeo a razón de hasta 100 a 1. Aunque demasiada compresión puede ser perjudicial: cuanto más se comprime, más datos se eliminan. Si se elimina demasiado, los cambios se harán perceptibles. Una compresión excesivamente alta, puede dar como resultado un vídeo que prácticamente sea irreconocible.

Cuando comprima vídeo, pruebe siempre con varias configuraciones de compresión. El objetivo es comprimir lo más posible hasta llegar al punto en que la pérdida de datos empiece a ser perceptible y, entonces, reducir un poco la compresión. De esta manera, conseguirá el equilibrio adecuado entre el tamaño del archivo y la calidad. Y recuerde que todos los vídeos son diferentes, algunos vídeos pueden verse muy bien con una alta compresión y otros no. Tendrá que probar para conseguir los mejores resultados.

### **3.2.1.2 Velocidad de bits.**

La velocidad de bits describe cuánta información existe en cada segundo en una secuencia de datos. Puede que haya visto archivos de audio descritos como “MP3 a 128 Kbps” o “WMA (Windows Media Audio) a 64 Kbps”. Kbps (kilo bytes por segundo), de forma que, cuanto más alto sea el número, más alto será también el número de datos: los archivos de audio MP3 a 128 Kbps contienen el doble de datos que los archivos WMA a 64 Kbps y consumen el doble de espacio. Aunque, en este caso, los dos archivos sonarían más o menos igual. ¿El motivo?, algunos formatos de archivo utilizan los datos con mayor eficiencia que otros y la calidad del sonido de un archivo WMA a 64 Kbps es tan buena como la de un archivo MP3 a 128 Kbps. Lo más importante es comprender que cuanto más alta sea la velocidad de bits, habrá más información y, por tanto, se necesitará un mayor esfuerzo para descodificar esa información y el archivo requerirá más espacio.

Seleccionar la velocidad de bits apropiada para sus proyectos dependerá del destino de la reproducción: si crea un VCD para reproducirlo en un reproductor de DVD, el vídeo deberá ser exactamente de 1150 Kbps y el audio de 224 Kbps. Un Pocket PC típico que funcione a 206 MHz puede utilizar vídeos MPEG de hasta 400 Kbps; todo lo que esté por encima de esta cantidad provocará chisporroteos en la reproducción.

### **3.2.1.3 Estrategias de compresión.**

Se pueden utilizar muchos métodos y estrategias diferentes para comprimir los archivos multimedia digitales hasta un tamaño práctico. Éstos son algunos de los más comunes:

### **(a) Compresión de audio psicoacústica.**

La palabra *psicoacústica* suena complicada, pero sólo significa “la forma en que el cerebro interpreta el sonido”. Todas las formas de audio comprimido utilizan potentes algoritmos para desechar la información de audio que no podemos oír.

Por ejemplo, si grito con todas mis fuerzas y al mismo tiempo zapateo ligeramente con el pie, se oirá mi voz pero probablemente no se oirá el zapateo. Si nos deshacemos del sonido del zapateo, habrá menos información y un tamaño de archivo más pequeño pero, a efectos prácticos, sonará igual.

### **(b) Compresión de vídeo psicovisual**

La compresión de vídeo psicovisual es similar a su equivalente en audio. En lugar de desechar el audio que no podemos oír, los modelos psicovisuales descartan los datos que los ojos no necesitan. Un clip sin comprimir que muestra una silla en la misma ubicación durante 60 segundos repite los mismos datos de esa silla en cada fotograma. Con la compresión de vídeo psicovisual, los datos de la silla de un fotograma se almacenan y vuelven a utilizar en los fotogramas posteriores.

Este tipo de compresión, llamado “redundancia de datos estadísticos” es uno de los trucos matemáticos que utilizan WMV (Audio Multimedia en Windows)<sup>13</sup>, MPEG y otros formatos de vídeo para comprimir el vídeo al tiempo que conservan una buena calidad.

### **(c) Compresión sin pérdidas**

El término *sin pérdidas* significa “sin pérdida de datos”. Cuando se comprime un archivo en el modo sin pérdidas, se conserva el 100 por cien de los datos, de forma similar a cuando se comprime un documento en un archivo zip (el archivo del documento se reduce de tamaño pero todas las palabras siguen estando ahí cuando lo descomprime). Puede guardar vídeo sin pérdidas una y otra vez sin perder ningún dato, la compresión sólo concentra los datos en un espacio más pequeño. La compresión sin pérdidas ahorra menos espacio porque sólo puede comprimir los datos hasta que no le quede más remedio que desechar información.

### **(d) Compresión con pérdidas**

La compresión con pérdidas desecha los datos para conseguir una velocidad de bits inferior. La compresión psicoacústica y la compresión psicovisual son tecnologías con pérdidas que consiguen archivos más pequeños con menos datos

---

<sup>13</sup>Es un nombre genérico que se da al conjunto de algoritmos de compresión ubicados en el set propietario de tecnologías de vídeo desarrolladas por Microsoft, que forma parte del framework Windows Media. El vídeo a menudo se combina con sonido en formato Windows Media Audio.

que los archivos originales. Y cada vez que guarda un archivo con un formato de archivo con pérdidas, se desechan más datos, incluso aunque lo guarde con el mismo formato. Una buena regla práctica es la de utilizar un formato con pérdidas sólo como paso final del proyecto.

### **3.3 Control de QoS (Calidad de Servicio) en la capa de aplicación para streaming de video.**

#### **3.3.1 Introducción al QoS.**

La calidad de Servicio (**QoS, Quality of Service**) es el efecto colectivo del desempeño de un servicio, el cual determina el grado de satisfacción a la aplicación de un usuario. Para que en una red pueda ofrecer el manejo de QoS extremo-a-extremo (end to end), es necesario que todos los nodos o puntos de interconexión por los que viaje el paquete de información, posean mecanismos de QoS que ofrezcan un desempeño adecuado a la aplicación en cuestión.

Los puntos de interconexión por los que pasa la información son los enrutadores, conmutadores, incluso los SAPs (Puntos de Acceso al Servicio), entre las capas del modelo (o stack) de comunicación que se use. Cuando se establece una conexión con un nivel de QoS especificado, los parámetros de éste se traducen y negocian entre los diferentes subsistemas involucrados. Solamente cuando todos los subsistemas han llegado a acuerdos y pueden otorgar garantías respecto a los parámetros especificados, será que se satisfagan los requerimientos de QoS de extremo a extremo.

Como vemos para garantizar la QoS se requiere de la participación de un conjunto de elementos, estos elementos los podemos dividir en 3 grupos generales:

**Aplicaciones.-** Aquí la aplicación debe de manejar la señalización necesaria para hacer la negociación de parámetros con la red.

**Acceso LAN.-** Que tipo de arquitectura de red se usará, protocolos, mecanismos de calendarización y control de tráfico se usará, así como control de admisión.

**Acceso WAN.-** Es la arquitectura de transporte de información que ofrece la capacidad de mantener el mínimo de retardo y pérdidas de información, por medio de mecanismos de diferenciación y control de tráfico.

QoS permite que los programas en tiempo real optimicen el uso del ancho de banda de la red. Como QoS asegura cierto nivel de garantía de recursos de red suficientes, ofrece a una red compartida un nivel de servicio similar al de una red dedicada.

Una garantía de QoS indica un nivel de servicio que permite que un programa transmita datos a una velocidad especificada y los entregue en un periodo de tiempo dado.

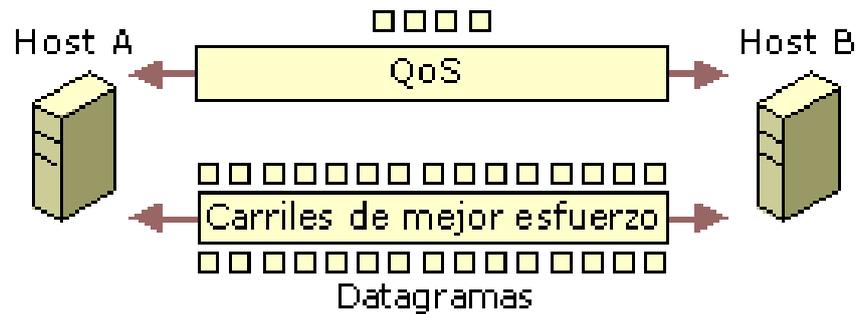


Fig. 3.2

El objetivo de QoS es conseguir un sistema de entrega garantizada del tráfico de la red, como los paquetes de Protocolo Internet.

### 3.3.2 Control de QoS en la capa de aplicación para streaming de video.

El control de QoS en la capa de aplicación maximiza la calidad de video en presencia de paquetes perdidos y cambia el ancho de banda aprovechable. Las técnicas de control de QoS en la capa de aplicación incluyen control de congestión y control de error. Estas técnicas son empleadas por los sistemas finales, y no requieren soporte de ruteadores o redes.

Para transportar video sobre redes inalámbricas, ha habido muchas propuestas de aproximaciones adaptativas y servicios en la literatura, lo cual incluye una estructura de “servicio reservado adaptivo”, un servicio adaptivo basado en límites e ingresos de QoS, una estructura adaptiva encausado al abastecimiento de QoS end to end, un servicio adaptivo de utilidad justa [5], una estructura para control delicado de QoS, un modelo de teleservicio basado en un paradigma adaptivo de QoS, una administración de arquitectura adaptativa de QoS, y una estructura adaptativa para video escalable sobre redes inalámbricas IP.

En esta sección se presenta una estructura adaptativa para habilitar una QoS futura en redes inalámbricas IP. Este consiste de (1) representaciones de video escalable, cada uno del cual tiene su propio requerimiento de QoS específico, (2) aplicaciones con conciencia de red, las cuales son conscientes del estado de red, y (3) servicios adaptivos, los cuales hacen que los elementos de red soporten los requerimientos de QoS de representaciones de video escalable. Bajo esta estructura, y tomando en cuenta que las condiciones de un canal inalámbrico cambian, la terminal móvil y los elementos de red pueden escalar los flujos de video y transportar los flujos escalados a los receptores con calidad de percepción aceptable. La estructura adaptativa tiene las siguientes características importantes.

Degradación de calidad: En contraste al video no escalable, el video escalable puede adaptar su representación de video a las variaciones de ancho de banda, y la red puede eliminar paquetes sin conocimiento de las representaciones de video. Como resultado, la percepción de calidad es graciosamente degradada bajo condiciones de canal severas.

Eficiencia: Cuando hay ancho de banda en exceso (excluyendo el ancho de banda reservado), este será utilizado eficientemente de forma que maximice el ingreso o la percepción de calidad.

Imparcialidad: Los recursos pueden dividirse en una utilidad justa [5] o una forma justa max-min.

### 3.3.2.1 Servicio Adaptivo.

Un video escalable codificado puede generar capas múltiples o sub flujos a la red. Un servicio adaptivo provee escalar sub flujos basado en condiciones de disponibilidad de recursos en una red inalámbrica y fija. Específicamente, un servicio adaptivo incluye las siguientes funciones:

Reserva un ancho de banda mínimo para conocer la demanda de la capa base. Como resultado, siempre puede lograrse una calidad de percepción aceptable.

Adapta las capas de información suplementaria independiente basada en el ancho de banda disponible y la policía imparcial. En otras palabras, escala los flujos de video basado en los recursos disponibles.

Las ventajas del uso de escalar en la red incluyen:

*Adaptividad a la heterogeneidad de la red.* Por ejemplo, cuando un enlace upstream<sup>14</sup> con el ancho de banda más grande alimenta un enlace downstream<sup>15</sup> con el más pequeño ancho de banda, usar un escalador en el punto de conexión podría ayudar a mejorar la calidad de video. Esto es por que el escalador puede seleccionar la eliminación de sub flujos en lugar de eliminar paquetes aleatoriamente.

Latencia y complejidad bajas. Las representaciones de video escalable hacen la operación en el escalado muy simple; que es, solo desechar capas de información suplementaria independiente. De esta manera, el procesamiento es rápido, comparado con el procesamiento en video no escalable.

Bloqueo de la llamada más devil y probabilidad de eliminación **de hand off (transferencia)**. La adaptabilidad del video escalable en las estaciones base puede traducirse en bloquear la llamada de más baja probabilidad de eliminación de hand off<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Transferencia de datos desde un cliente a un servidor o equipo remoto.

<sup>15</sup> Transferencia de datos desde un servidor o equipo remoto a un cliente.

<sup>16</sup> Transferencia de una llamada conectada a un canal a otro canal que se encuentran en la red.

El servicio adaptivo puede ser utilizado en la totalidad de la red (suministro end to end) o solo en las estaciones base (suministro local). Puesto que el suministro local de servicio adaptivo es solo un sub set del suministro end to end, se puntualizará en lo último.

Los componentes requeridos del servicio adaptivo **end to end (punto a punto)** incluyen: (1) contratar servicio, (2) control de admisión de llamado y reservación de recursos, (3) mecanismo móvil **multicast (difusión múltiple)**, (4) escalar subflujos, (5) planeación de subflujo, y (6) control de error en la capa de enlace. Esto se describe con más detalle a continuación.

### **3.3.2.2 Contratar servicio.**

Contraer un servicio entre una aplicación y una red podría consistir de múltiples sub contratos, cada uno de los cuales corresponde a uno o más sub flujos con garantías de QoS similares. Cada subcontrato tiene que especificar las características de tráfico y los requerimientos de QoS de el/los sub flujo (s) correspondientes. Un escenario típico es que un sub contrato para la capa base especifique el ancho de banda reservado, mientras que un contrato para las capas de información suplementaria independiente no especifican ninguna garantía de QoS.

En una fuente de video, los sub flujos tienen que ser generados de acuerdo a sub contratos usados por la aplicación y formados en el punto de acceso de red. En adición se asigna una prioridad a un sub flujo de acuerdo a su importancia. Por ejemplo, se asigna la prioridad más alta a la capa base. La prioridad puede ser utilizada para asignar una ruta, planear, escalar, y control de error de componentes de la red adaptiva.

### **3.3.2.3 Control de admisión de llamada y reservación de recurso.**

El CAC (Control de Admisión de Llamada) y reservación de recurso son dos de los principales componentes en el suministros end to end de QoS. La función de CAC es comprobar si admitiendo una conexión llegada se reduciría la calidad de servicio de conexiones existentes, y si la QoS de las conexiones llegadas requerida puede ser conocida. Si una solicitud de conexión se acepta, los recursos tienen que ser reservados para esa conexión, en dos partes. Primero, en orden de mantener la QoS especificada sobre una escala de tiempo grande, la red tiene que reservar los recursos a lo largo de la ruta actual de una conexión móvil. Segundo en orden de lograr no marcadamente la QoS en una escala de tiempo corto, tiene que hacerse alguna duplicación en el transporte de la conexión vecina a las estaciones base, para que en caso de un hand off, se pueda evitar una suspensión eléctrica.

El concepto de representación de video escalable provee una solución muy flexible y eficiente para el problema de CAC y reservación de recursos. Primero, no hay necesidad de reservar ancho de banda para el flujo completo, puesto que

normalmente solo el sub flujo de capa base requiere una garantía de QoS. Como resultado, CAC está basada solo en los requerimientos de la capa base, y los requerimientos son reservados solo por el sub flujo de capa base. El/los sub flujo (s) de la capa de información suplementaria independiente de conexiones múltiples podrían compartir el ancho de banda restante. Los sub flujos de esta última capa están sujetos a escalarse bajo la falta de ancho de banda y/o condiciones de error severas, las cuales se discuten en los párrafos siguientes.

#### **3.3.2.4 Mecanismos de multicast móvil.**

CAC y reservación de recursos proveen garantía QoS a nivel conexión. Para garantizar QoS sin marca a nivel paquete, tienen que usarse los mecanismos móviles multicast. Esto es, mientras sean transportados a lo largo de su ruta actual, el flujo de capa base es también multicast para las estaciones bases vecinas, de modo que se logre la QoS sin marca en un tiempo de pequeña escala.

Para soportar QoS sin marca, el protocolo de asignación de rutas móvil tiene que actuar profesional y anticipadamente para relacionar las molestias de retardo, pérdida, y variación de retardo de un sub flujo. De acuerdo a los requerimientos de un subflujo las rutas multicast pueden necesitar ser estabilizadas. Las rutas multicast se terminan en las estaciones base que son candidatos de puntos de acceso potenciales de una terminal móvil. La cobertura de una ruta multicast depende de los requerimientos de QoS y movilidad, así como de las características del hand off, de un receptor móvil. Como en una estación móvil los hand off de una estación base a otra, se añaden nuevas rutas y se borran rutas viejas.

#### **3.3.2.5 Escalando sub flujo.**

Escalar se usa durante las fluctuaciones de ancho de banda y/o bajo condiciones malas de canal. Como el ancho de banda disponible en una ruta decrece debido a la movilidad o capricho, los sub flujos de más baja prioridad se eliminan por el (los) escalador (es) en la ruta y los sub flujos con más alta prioridad son transmitidos. Como empieza a estar disponible más ancho de banda, los sub flujos de más baja prioridad se pasan a través del escalador, y la calidad que se percibe en el receptor incrementa. La figura 3.3 muestra una arquitectura para transportar video escalable de una terminal alámbrica a una terminal móvil. La decisión de escalar se hace por el administrador de ancho de banda. Cuando no hay exceso del ancho de banda (excluyendo el ancho de banda reservado), el administrador de ancho de banda manda al escalador eliminar las capas de información suplementaria independiente. Si hay exceso de ancho de banda, el ancho de banda en exceso puede ser dividido en utilidad imparcial [5] o forma imparcial max-min.

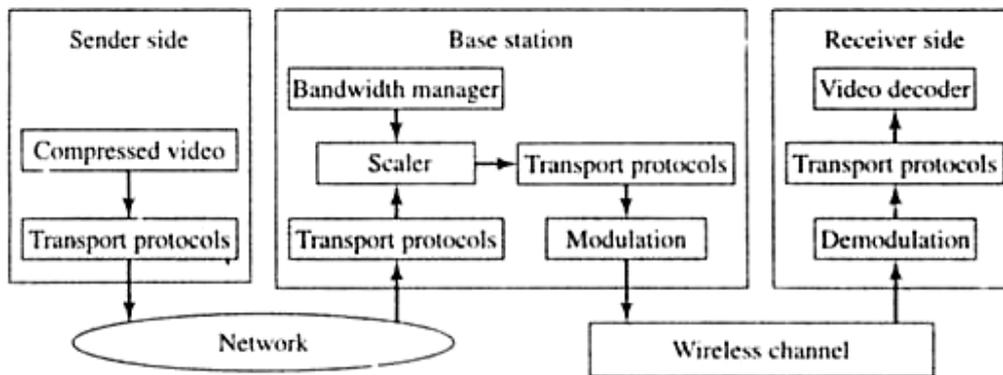


Figura 3.3 Una arquitectura para transportar video escalable de una terminal alámbrica a una móvil.

### 3.3.2.6 Planeación de subflujo.

La planeación de sub flujo se usa en terminales móviles así como en estaciones base. Su función es planear la transmisión de paquetes en el medio inalámbrico de acuerdo a sus especificaciones de QoS de sub flujo y prioridades.

Cuando se observa un periodo caprichoso corto, una terminal móvil intenta priorizar la transmisión de sus sub flujos en orden de lograr una mínima QoS. Aquí, dependiendo de las condiciones del canal, un sub flujo puede ser eliminado por un periodo de tiempo en orden de acomodar los sub flujos de alta prioridad. Para determinar el tiempo de transmisión de cualquier paquete en un sub flujo específico (o su posición en la cola de transmisión), la planeación toma dos factores en cuenta: la importancia relativa del sub flujo comparado con otro sub flujo, y las condiciones del canal inalámbrico.

Para lograr ambas QoS (retardo vinculado y ancho de banda reservado) y equidad, tienen que emplearse algoritmos tales como, hacer cola imparcial de paquetes. Mientras la existencia de estos algoritmos provea ambos retardo vinculado y equidad en redes alámbricas, no pueden ser aplicados directamente a redes inalámbricas. Su principal dificultad es que en las redes inalámbricas, las sesiones pueden experimentar errores en la asignación dependiente de canal. Esto puede conducir a situaciones en las cuales una sesión recibe una pérdida significativa de servicio que se supone se recibe, mientras otro recibe más. Esto ocasiona una gran discrepancia entre los tiempos de sesiones virtuales, haciéndolo difícil para proveer ambas garantías de retardo y equidad simultáneamente.

Para aplicar algoritmos de colas imparciales de paquetes, Ng, Stoica, y Zhang , identificaron un grupo de propiedades, llamadas condiciones de canal imparciales independientes (CIF), que un algoritmo de colas imparciales de paquetes tendría

en un ambiente inalámbrico: (1) garantía de retardo y **throughput**<sup>17</sup> (**capacidad de procesamiento**) para sesiones libres de error, (2) grandes términos de equidad para sesiones erróneas, (3) pequeños términos de equidad para sesiones libres de error, (4) degradación agraciada para sesiones que han recibido tiempo de servicio en exceso. Ellos presentan una metodología para adaptar algoritmos de colas imparciales de paquetes a redes inalámbricas, y aplican la metodología para derivar un algoritmo basado en iniciar una cola imparcial, llamada CIF-Q (Cola Imparcial de Paquetes Independiente de la condición de canal), que logra todas las propiedades precedentes.

Como un ejemplo, consideramos la capa dos de video. Suponiendo que un subcontrato para la capa base especifica ancho de banda reservado mientras un subcontrato para la capa de información suplementaria independiente no especifica ninguna garantía de QoS, lo cual es un caso típico. Se muestra en la figura 3.4 una arquitectura para planear sub flujos.

Bajo esta arquitectura, el fondo del buffer (la memoria de datos en la figura 3.4) es dividido en dos partes: una para sub flujos de capa base y uno para sub flujos de capas de información suplementaria independiente. En la misma segmentación del buffer para capa base o de información suplementaria independiente, para cada sub flujo se emplea un per-flujo de cola. Además, sub flujos dentro de la misma segmentación del buffer comparten el fondo del buffer segmentado, en tanto que no se puede compartir a través de las segmentaciones. Se cree que esta aproximación ofrece un excelente balance entre aislamiento de tráfico y compartición del buffer.

Bajo esta arquitectura de buffer, Wu, Hou, y Zhang diseñaron algoritmos administradores de tráfico basados en per-flujo para lograr QoS demandadas y equidad. La primera parte de administración de tráfico es CAC y asignación de ancho de banda. Se admiten conexiones de video por CAC, basado en sus requerimientos de QoS de capa base, y reservaciones de ancho de banda para la admisión de sub flujos de capa base hechos conforme. Para admitir sub flujos de capa de información suplementaria independiente, su ancho de banda será asignado dinámicamente por un administrador de ancho de banda. Los sub flujos de la capa de información suplementaria independiente escalados entran a compartir el buffer y son puestos en un plan FIFO (primero en entrar, primero en salir). La segunda parte de la administración de tráfico es planear los paquetes.

Lo que se muestra en la figura 3.4 es una arquitectura jerárquica de planeación de paquetes, en la cual un plan de enlace de prioridad se comparte entre un plan CIF-Q para sub flujos de capa base y un plan FIFO para sub flujos de capa base. El servicio de prioridad se da primero al plan CIF-Q y luego al plan FIFO.

---

<sup>17</sup> Cantidad de información que fluye en la red. Capacidad de procesamiento. Rendimiento.

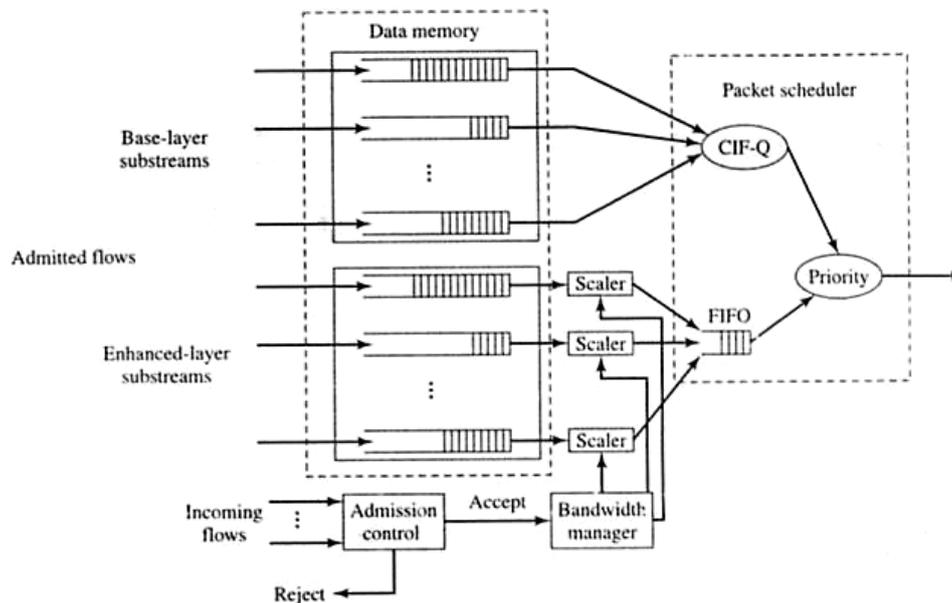


Figura 3.4 Una arquitectura para planear sub flujos en una estación base.

### 3.3.3 Control de error de la capa de enlace.

Para proveer calidad de video sobre canales inalámbricos, se requiere control de error de la capa de enlace. Básicamente, hay dos tipos de mecanismos de control de error, es decir, FEC (Corrección de Error Adelantada) y BER (Demanda de Retransmisión Automática). La desventaja de FEC es que no es adaptivo para condiciones variables de canal, y trabaja solo cuando el BER esta por debajo de la capacidad de recuperar el código FEC. La desventaja de ARQ es el retardo no vinculado, esto es, en el peor caso un paquete puede ser retransmitido un número ilimitado de veces para recuperarlo de bits erróneos.

#### 3.3.3.1 Control de congestión.

Las pérdidas y retardos de paquetes en exceso tienen efectos devastadores en la calidad de presentación de video, esto usualmente es resultado de la congestión en la red. Una forma de reducir la pérdida de paquetes es aplicando control de congestión en la fuente y/o en el receptor.

Hay dos mecanismos para el control de congestión: Rate control (Razón de Control) y Rate shaping (Razon de Forma). Rate control permite minimizar la congestión de red y la cantidad de pérdida de paquetes haciendo coincidir la velocidad del flujo de video con el ancho de banda disponible en la red y Rate shaping se usa para forzar la fuente a enviar flujo de video a la velocidad que dicta el algoritmo de Rate control.

Rate control es una técnica que determina la velocidad de envío de tráfico de video en el ancho de banda disponible estimado en una red.

Los esquemas de rate control pueden ser clasificados en tres categorías: basado en la fuente, basado en el receptor, y rate control híbrido.

Rate control basado en la fuente: Bajo éste esquema, el transmisor es responsable de la adaptación de la velocidad de transmisión de video y para ello normalmente se basa en información de retroalimentación de la propia red. Rate control basado en la fuente puede ser aplicado para **unicast**<sup>18</sup> (**unidifusión**) y **multicast**<sup>19</sup>. Para el caso de video unicast, la existencia de mecanismos Rate control basados en la fuente siguen dos aproximaciones: **probe-based (Basado en sondeo)** y **model-based (Basado en modelos)**.

La aproximación probe-based se basa en eventos de sondeo. Específicamente, la fuente investiga el ancho de banda disponible de la red ajustando la velocidad de envío de tal forma que pueda mantener la razón de pérdida de paquetes  $p$  por debajo de un cierto umbral  $P_{th}$ . Hay dos formas de ajustar la velocidad de envío: (1) incremento aditivo y decremento multiplicativo, e incremento multiplicativo y decremento multiplicativo.

La aproximación model-based se basa en un modelo de throughput de una conexión TCP. Específicamente, el throughput de una conexión TCP puede ser caracterizado por la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{1.22 \times MTU}{RTT \times \sqrt{p}}$$

Donde  $\lambda$  es el throughput de una conexión TCP (Protocolo de control de transmisión). MTU (Unidad Máxima de Transmisión) es el tamaño del paquete usado para la conexión, RTT (Tiempo de retardo) es el tiempo para establecer la conexión, y  $p$  es la razón de pérdida de paquetes experimentados por la conexión. Bajo rate control model-based, se usa la ecuación (3.3.1) para determinar la razón de envío del flujo de video. Así, la conexión de video puede evitar congestión en una forma similar que TCP, y puede competir equitativamente con flujos TCP. Por esta razón, el rate control model-based también es llamado rate control "TCP amigable".

- Rate Control en esta sección se refiere a la determinación de la razón de codificación.

Para multicast bajo rate control basado en la fuente, el transmisor usa un solo canal para transportar video a los receptores, éste es llamado también "multicast de canal simple". Para multicast de canal simple, solo puede emplearse rate control probe-based.

---

<sup>18</sup> Envío de información desde un solo emisor a un solo receptor.

<sup>19</sup> Envío de información desde un solo emisor a varios receptores.

Multicast de canal simple es eficiente, puesto que todos los receptores toman parte de un canal. Pero no es capaz de proveer servicios flexibles para satisfacer las demandas de diferentes receptores con varios anchos de banda en enlaces de acceso. Por el contrario, si el video multicast se entregara a través de flujos unicast individuales, la eficiencia del ancho de banda sería bajo pero el servicio se diferenciaría, puesto que cada receptor tendría que negociar los parámetros de los servicios con la fuente. Unicast y multicast de canal simple son dos casos extremos, como se muestra en la figura 3.5. Para lograr un buen intercambio entre la eficiencia del ancho de banda y la flexibilidad del servicio para video multicast, tienen que proponerse rate control híbrido y rate control basado en el receptor.

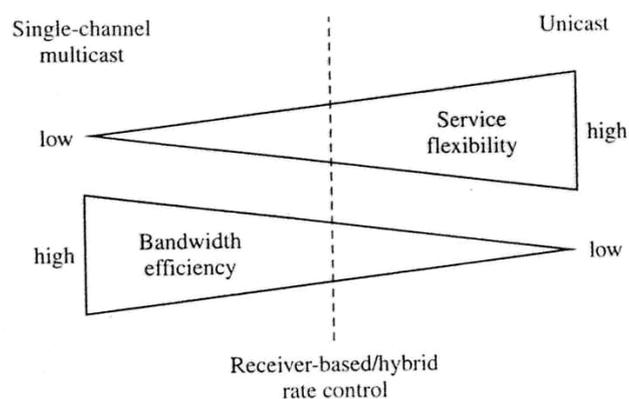


Figura 3.5 Intercambio entre eficiencia y flexibilidad.

Rate control basado en el receptor: Bajo rate control basado en el receptor, los receptores regulan la razón de recepción de flujos de video añadiendo y quitando canales, mientras que el transmisor no participa en el rate control. Normalmente, el rate control basado en el receptor solo se aplica para multicast estratificado antes que para video unicast.

Similarmente que para rate control basado en la fuente, los mecanismos rate control basado en el receptor siguen dos aproximaciones: probe-based y model-based.

Básicamente, rate control probe-based consiste de dos partes:

1. Cuando no se detecta congestión, el receptor prueba para el ancho de banda disponible uniendo una capa, lo que daría como resultando un incremento de su razón de recepción, en caso de no detectarse congestión después de la unión, el experimento de unión es exitoso. De otra forma, el receptor quita la capa recién añadida.
2. Cuando se detecta congestión, un receptor quita una capa, resultando una reducción de su razón de recepción.

Al contrario de la aproximación probe-based, la cual estima implícitamente el ancho de banda de red disponible a través de experimentos de prueba, la aproximación model-based usa estimación explícita para el ancho de banda de la red. La aproximación model-based se basa en el modelo throughput de una conexión TCP (ecuación (3.3.1)), como se describió bajo el rate control basado en la fuente. Así, el rate control model-based es también “TCP amigable”.

**Rate Control Híbrido:** Bajo rate control híbrido, los receptores regulan la razón de recepción de flujos de video añadiendo y quitando canales mientras los transmisores también ajustan la razón de transmisión de cada canal basándose en la retroalimentación de los receptores. Un ejemplo de un rate control híbrido es configurar la destinación formando grupos.

**Rate Shaping:** Es una técnica a través de la cual la razón de precompresión de flujos de video puede adaptarse a una razón obligatoria u objetivo. Una rate shaping es una interfaz (o filtro) entre la capa de compresión y la capa de transporte de red, o entre dos segmentos de red, con la cual el flujo de video puede ser transmitido en el ancho de banda disponible de la red.

Hay muchos tipos de **rate shapers (taza de configuración)**, los cuales incluyen:

1. **Filtros Codec:** Estos comprimen y descomprimen flujo de video. Son usados generalmente para ejecutar la transcodificación entre diferentes esquemas de compresión. Dependiendo del esquema de compresión usado, la transcodificación puede simplificarse sin descompresión y re-compresión total.
2. **Filtros de eliminación de cuadros:** Estos pueden distinguir tipos de cuadros (I-, P-, y cuadros B en MPEG) y eliminar cuadros de acuerdo a su importancia. Por ejemplo, el orden de quitar cuadros sería, cuadros B, luego cuadros P, y finalmente cuadros I. Estos filtros se usan para reducir la velocidad de datos de un flujo de video descartando un número de cuadros. Estos filtros pueden usarse en la fuente o en la red.
3. **Filtros de eliminación de capas:** Pueden distinguir y eliminar capas de acuerdo a la importancia. El orden de eliminar capas es, de la capa de información suplementaria independiente más alta a la capa más baja en la capa base.
4. **Filtros de Frecuencia:** Ejecutan operaciones en la capa de compresión. Específicamente, operan en el dominio de la frecuencia (coeficientes DCT (Transformada Directa del Coseno)). Los mecanismos de filtrado de frecuencia incluyen paso bajas, reducción de color, y filtrado de color monocromático.

El filtrado paso bajas desecha los coeficientes DCT de las más altas frecuencias. Un filtro de reducción de color ejecuta la misma operación que un filtro paso bajas, excepto que opera solo con la información de crominancia en el flujo de video. Un filtro de color monocromático quita toda la información de color del flujo de video. En MPEG, esto se hace reemplazando cada bloque de crominancia por un bloque vacío.

Al contrario de los filtros de eliminación de cuadros, los filtros de frecuencia reducen el ancho de banda sin afectar la velocidad de cuadros. Los primeros reducen la calidad de presentación del cuadro resultante.

5. Filtros de recuantización: Los filtros de recuantización ejecutan operaciones en la capa de compresión (coeficientes DCT). El primer filtro extrae los coeficientes DCT del flujo de video comprimido a través de la descuantización. Luego el filtro recuantiza los coeficientes DCT con un cuantizador de tamaño de paso más grande, resultando una reducción de velocidad.

En conclusión, el propósito de control de congestión es prevenir la pérdida de paquetes. Es un hecho que la pérdida de paquetes es inevitable en las Redes IP y que además esto puede tener un impacto significativo en la calidad percibida, por lo que se ha diseñado el mecanismo que maximiza la calidad de presentación de video aún cuando halla pérdida de paquetes, dicho mecanismo es el control de error.

### **3.3.4 Control de Error.**

Las técnicas para control de error en las video comunicaciones se clasifican en cuatro categorías: control de error a nivel transporte, incluyendo FEC (Corrección de Error Adelantada) y retransmisión obligatoria del retardo; codificación de resistencia al error en código; decodificador de ocultamiento de error; y control de error interactivo codificador-decodificador. Las que se describen a continuación son algunas de las técnicas efectivas para aplicaciones de streaming de video.

**3.3.4.1 FEC.** Agrega información redundante en el flujo de mensaje original, para que el mensaje sea reconstruido aunque se haya presentado la pérdida de paquetes. Para aplicaciones en redes IP, generalmente se aplican códigos de bloque a través de paquetes. Específicamente, un flujo de video corta primero en segmentos, cada uno de los cuales es empaquetado en  $k$  paquetes; luego, para cada segmento, se aplica un código de bloque a través de  $k$  paquetes para generar un bloque de  $n$  paquetes, donde  $n > k$ . Para recuperar perfectamente un segmento, un usuario necesita recibir solo algunos paquetes  $k$  en el bloque de  $n$  paquetes.

**3.3.4.2 Retransmisión obligatoria del retardo.** La retransmisión es usualmente rechazada como un método para transportar video en tiempo real, ya que un paquete retransmitido puede perder su tiempo de presentación. Sin embargo, para aplicaciones de streaming, si un intervalo de tiempo se considera corto con

respecto al retardo máximo permitido, la retransmisión obligatoria del retardo es una opción viable para control de error.

Para unicast, basado en quien determina si envía y/o responde a una petición de retransmisión, se han propuesto tres mecanismos de retransmisión de retardo obligado: **receiver-based (basado en receptor)**, **sender-based (basado en emisor)**, y control híbrido.

El objetivo de control **receiver-based** es minimizar las peticiones para retransmisiones que no llegarán a tiempo para ser presentadas. Bajo éste mecanismo, el receptor ejecuta el siguiente algoritmo:

Cuando el receptor detecta una pérdida de N paquetes:

$$\text{Si } (T_c + \text{RTT} + D_s < T_d(N))$$

Envía lo demandado por el paquete N al transmisor

Donde  $T_c$  es el tiempo actual, RTT el tiempo estimado,  $D_s$  es un término inactivo, y  $T_d(N)$  es el tiempo cuando el paquete N está a disposición para desplegarse. El término inactivo  $D_s$  podría incluir tolerancia de error en estimación de RTT, el tiempo de respuesta del transmisor, y la decodificación de retardo del receptor. El diagrama de tiempos para control receiver-based se muestra en la figura 3.6, donde  $D_s$  es solo el retardo de decodificación del receptor.

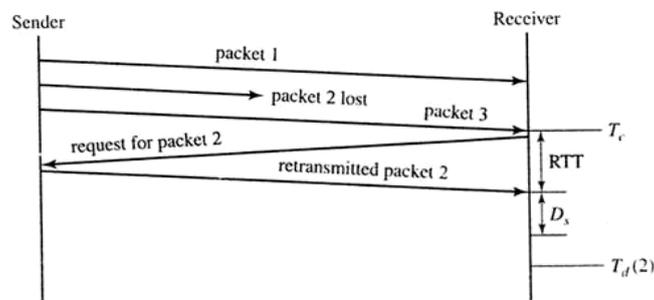


Figura 3.6 Diagrama de tiempo para control basado en el receptor.

El objetivo del control sender-based es suprimir la retransmisión de paquetes que perderán su tiempo de presentación en el receptor. Bajo control sender-based, el transmisor ejecuta el siguiente algoritmo:

Cuando el transmisor recibe lo demandado por el paquete N:

$$\text{Si } (T_c + \text{RTT}/2 + D_s < T'_d(N))$$

Retransmite el paquete N al receptor

Donde  $T'_d(N)$  es una estimación de  $T_d(N)$ .

El control híbrido es una simple combinación de control sender-based y receiver-based.

En el caso de multicast, la retransmisión tiene que ser restringida dentro de una ubicación estrecha de miembros multicast. Esto es por que un intervalo de tiempo entre estos miembros tiende a ser pequeño, haciendo a las retransmisiones efectivas. Típicamente, un árbol lógico se configura para limitar el número y el alcance de retransmisiones demandadas, así como para lograr mejoría entre miembros multicast ubicados estrechamente. En conclusión, para poner atención a problemas heterogéneos, puede adoptarse un mecanismo de iniciación en la recepción para mejorar el error.

**3.3.4.3 Resistencia al error en código.** El objeto de los esquemas de resistencia al error es mejorar la pérdida de la perspectiva de compresión, es decir, intentan prevenir la propagación de error o limitar el alcance del daño (causado por pérdida de paquetes) en la capa de compresión. Las herramientas de resistencia al error estandarizadas incluyen marcas de resincronización, segmentación de datos, y codificación reversible de longitud variable. Estas técnicas son objetivos en ambientes donde dominan los bits erróneos, tal es el caso de los canales inalámbricos. Para aplicaciones de video en redes IP, las cuales usan transporte basado en paquetes, estas técnicas pueden no ser útiles, puesto que un paquete perdido puede causar la pérdida de toda la información de movimiento y su forma asociada e información de textura. Además, la frontera de un paquete ya provee un punto de sincronización en el flujo de bit codificado de longitud variable en el lado del receptor., haciendo las marcas de resincronización un tanto redundantes.

Las dos técnicas que son más prometedoras para transmisión de video en redes IP son modo de selección óptimo y descripción múltiple de codificación.

**Modo de selección Intra/Inter óptimo:** El efecto de pérdida de paquetes en la calidad de presentación de video depende del esquema de codificación usado en la fuente, el estado de congestión en la red y el esquema de encubrimiento de error usado en el receptor. Los algoritmos de codificación de alta compresión emplean usualmente inter-codificación (predicción) para lograr eficiencia. Con estos algoritmos de codificación, la pérdida de paquetes puede degradar la calidad del video sobre un gran número de cuadros, hasta que el próximo cuadro intra-codificado es recibido. La intra-codificación puede detener efectivamente la propagación de error al costo de la eficiencia, mientras que la inter-codificación puede lograr eficiencia de compresión con el riesgo de propagación de error. Por tanto, un buen mecanismo para seleccionar entre intra-modo e inter-modo sería un lugar para realzar la robustez de video comprimido por ambos, intra- e inter-codificación.

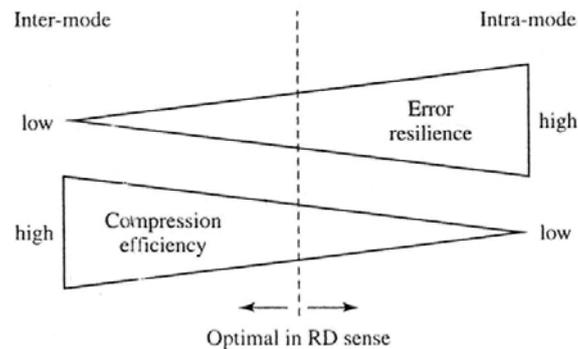


Figura 3.7 La selección del modo óptimo depende de la condición actual de la red.

Para video comunicación sobre una red, un algoritmo de codificación tal como H.263 o MPEG-4 normalmente regula la velocidad de salida de acuerdo al ancho de banda disponible. El objetivo de algoritmos de compresión de velocidad regulada es maximizar la calidad de video bajo la coacción de un dado presupuesto de bit. Esto puede lograrse escogiendo un modo que minimice la distorsión de cuantización entre el cuadro reconstruido y el original o el macrobloque bajo un dado presupuesto de bit, el cual es el llamado modo de selección RD optimizado. Nos referimos a tal modo de selección RD optimizado como una aproximación clásica. La aproximación clásica no es capaz de lograr optimización global en un ambiente de inclinación al error, puesto que no se considera estado de congestión de red y comportamiento de receptor.

Para poner atención a este problema, se propuso una aproximación punto a punto para modo de selección RD optimizado. Se consideran en total tres factores que tienen un impacto en la calidad de la presentación de video en el receptor: (1) comportamiento de fuente, (2) características de la ruta y (3) comportamiento del receptor. Debido a la consideración del estado de congestión de red y el comportamiento de receptor, esta aproximación muestra ser capaz de ofrecer ejecución superior sobre la aproximación clásica para aplicaciones de video en red IP.

**Codificación de múltiples descripciones (MDC):** La codificación de múltiples descripciones es otra forma de intercambio de eficiencia de compresión con robustez de paquetes perdidos. Para llevar flujos MDC sobre redes IP, algunos bits de diferentes descripciones serían empaquetados separadamente, y preferiblemente transmitidos a través de diferentes rutas. Alternativamente, los paquetes que contienen diferentes descripciones serían apropiadamente entrelazados, de modo que la congestión de tráfico no conducirá a la pérdida de ambas descripciones.

**3.3.4.4 Encubrimiento de error.** Cuando se detecta un paquete perdido, el receptor puede emplear encubrimiento de error para ocultar los datos perdidos y hacer la presentación más agradable al ojo.

Puesto que los espectadores pueden tolerar un cierto grado de distorsión en las señales de video, encubrimiento del error es una técnica viable para dominar la pérdida de paquetes.

Hay dos aproximaciones básicas para encubrimiento del error, es decir, interpolación espacial y temporal. En la interpolación espacial, los valores de los píxeles faltantes se reconstruyen usando información espacial de los vecinos, mientras que en una interpolación temporal, los datos perdidos se reconstruyen de datos de cuadros anteriores. Normalmente, la interpolación espacial se usa para reconstruir los datos faltantes en cuadros intra-codificados, mientras que la interpolación temporal se usa para reconstruir los datos faltantes en cuadros inter-codificados.

Para aplicaciones de streaming, las cuales requieren decodificación en tiempo real. La técnica más factible y efectiva es la interpolación temporal de compensación de movimiento, en el cual el receptor reemplaza el bloque corrompido con el bloque de cuadros anteriores directos de un vector de movimiento. El vector de movimiento se copia de su bloque vecino cuando esta disponible, de otra forma el vector de movimiento se pone a cero.

En conclusión, se han revisado varias técnicas de control de CCOS en la capa de aplicación. Estas técnicas se emplean para sistemas finales y no requieren soporte de QoS de ruteadores o redes.

### **3.4 Servicios de distribución continúa multimedia.**

Para proveer presentaciones multimedia de calidad, el soporte de redes es importante. Esto es por que el soporte de redes puede reducir el retardo de transporte y la razón de pérdida de paquetes. El Streaming de audio y video se clasifica como multimedia continua por que consiste de una cantidad de secuencias multimedia (como muestras de audio o cuadros de video), los cuales transportan lo principal solo cuando se presentan a tiempo. Construidos por encima de Internet (protocolo IP), los servicios de distribución continua multimedia se diseñaron para proveer QoS y lograr eficiencia para streaming de audio y video sobre Internet. Estos incluyen filtrado de red, nivel de aplicación multicast, y replicación de contenido.

#### **3.4.1 Filtrado de red.**

Como una técnica de control de congestión, el filtrado de red es propósito para mejorar la calidad de video durante congestión de red. El servidor de video puede adaptar la razón de flujos de video de acuerdo al estado de congestión de red. Sin embargo, el servidor de video puede estar demasiado ocupado para manejar la computarización requerida para adaptar cada flujo de video unicast. De aquí, los proveedores de servicio podrían desear poner filtros en la red. La figura 3.8 ilustra un ejemplo de filtrado de red. En la figura los nodos etiquetados con "R" denotan ruteadores que no tienen conocimiento del formato de los flujos multimedia y

puede desechar paquetes aleatoriamente. Los nodos “filtro” reciben las demandas de los clientes y adaptan el flujo enviado de acuerdo al servidor. Esta solución permite a los servicios proveer sitios de filtros en los nodos que conectan las redes de producción descendente, y puede haber múltiples filtros a lo largo de la ruta servidor a cliente.

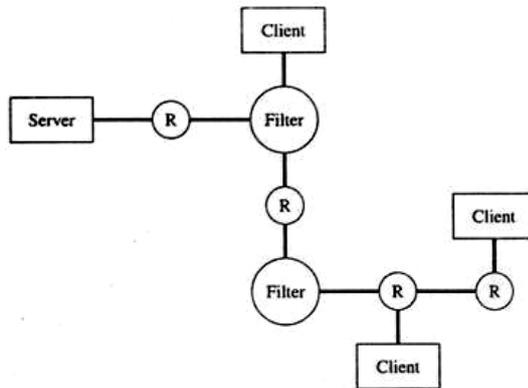


Figura 3.8 Filtrado en la red.

Para ilustrar las operaciones de los filtros, un modelo de sistema se presenta en la figura 3.9. El modelo consiste del servidor, el cliente, en un filtro más pequeño, y dos canales virtuales entre ellos. De los dos canales virtuales, uno es para control y otro para datos. Los mismos canales existen entre cualquier par de filtros. El canal de control es bidireccional, el cual puede ser realizado por conexiones TCP. El modelo que se muestra en la figura 3.9 permite al cliente comunicarse con un solo host (el último filtro), el cual adelantará las demandas o los actos sobre ellos. Las operaciones de un filtro en el plano de información incluyen: (1) recepción de flujo de video del servidor o de un filtro anterior, y (2) envío de video a un cliente o al siguiente filtro a la velocidad objetivo. Las operaciones de un filtro en el plano de control incluyen: (1) recepción de demandas de un cliente o del siguiente filtro, (2) actos sobre demandas, y (3) adelanto de demandas al filtro anterior.



Figura 3.9 Un modelo de sistema para filtrado en la red.

Normalmente, los filtros de eliminación de cuadros se usan como filtros de red. El receptor puede cambiar el ancho de banda del flujo multimedia enviando las demandas al filtro para incrementar o decrementar la velocidad de eliminación de cuadros. Para facilitar tomar en cuenta las decisiones si el filtro incrementaría o decrementaría el ancho de banda, el receptor mide continuamente la razón de pérdida de paquetes  $p$ . Basado en la razón de pérdida de paquetes, se diseña un mecanismo de razón. Si la razón de pérdida de paquetes es tan grande como un umbral  $\alpha$ , el cliente solicitará el filtro para incrementar la razón de eliminación de

cuadros. Si la razón de pérdida de paquetes es menor que otro umbral, el receptor pedirá el filtro para reducir la razón de eliminación de cuadros.

Las ventajas de usar filtros de eliminación de cuadros dentro de la red incluyen:

- Mejoras de la calidad de video. Por ejemplo, cuando un flujo de video fluye de un enlace **up-stream (ascendndente)** con el mayor ancho de banda disponible a un enlace **down-stream (descendndente)** con el menor ancho de banda disponible, usar un filtro de eliminación de cuadros en el punto de conexión (entre los enlaces) podría ayudar a mejorar la calidad de video. Esto es por que el filtro entiende el formato del flujo multimedia y puede eliminar paquetes en una forma que degrada graciosamente la calidad del flujo en vez de corromper el flujo completamente.
- Eficiencia del ancho de banda: El filtrado puede servir para guardar los recursos de red desechando cuadros retardados o que han sido corrompidos por pérdida de paquetes constituyentes.

Note que el filtrado de red es objetivo en flujos multimedia unicast (punto a punto). Después se presentará un mecanismo multicast para streaming multimedia.

### 3.4.2 Nivel de aplicación Multicast.

A pesar de que el diseño original de Internet es el adecuado para aplicaciones punto a punto como correo electrónico, transferencias de archivos y navegación Web, este diseño no es el mas adecuado para manejar la distribución de contenidos a gran escala. Hace unos diez años se propuso la "IP multicast" como tecnología que podría superar estas limitaciones.

La eficiencia de esta tecnología se basa en que sólo un paquete de los transmitidos originalmente por la fuente de multi-difusión viajará por cualquier camino del árbol de multi-difusión IP. Sin embargo, la IP multicast presenta problemas en lo concerniente a escalabilidad, administración de la red, distribución y soporte a las capas superiores en lo concerniente al control de errores, flujo y congestiónamiento. Para solucionar esto se propuso un sistema de multicast a nivel de aplicación por sobre la redes IP.

El multicast a nivel de aplicación permitirá crear a los CSP (Proveedor de Servicios de Contenidos), ISP (Proveedor de Servicios de Internet) o a las empresas crear sus propias redes multicast sobre Internet las que luego se podrán interconectar a través de redes de medios multicast mas grandes de alcance mundial. Las redes de multicast de medios pueden soportar relaciones entre pares a nivel de aplicación o de capa de streaming de contenidos donde los backbons de contenido interconectan a los proveedores de servicio.

La operación de las redes multicast es la siguiente: En las redes multicast para medios cada nodo con capacidad multicast (llamados “**MediaBridge**” (**puente de red**”)) realizan ruteos a nivel de capa de aplicación. Además, cada MediaBridge está conectado con dos o más vecinos mediante una configuración explícita que define la topología a nivel de aplicación. Los MediaBridge utilizan un algoritmo para buscar el mejor camino sobre todos los caminos virtuales óptimos. Cuando la red falla o se congestiona la red multicast redirige en forma dinámica y automática el contenido a través de caminos alternativos de acuerdo a políticas de ruteo.

La ventaja del multicast a nivel de aplicación es que rompe las barreras de la escalabilidad, gestión de la red y soporte de control de congestionamiento que habían impedido a los ISP la realización de arreglos entre pares para realizar IP multicast.

### 3.4.2.1 Direccionamiento Multicast IP

Para la identificación de grupos multidifusión IP se utilizan direcciones de clase D (224.0.0.0 a 239.255.255.255). Para cada dirección multicast puede existir cero o más destinatarios activos, que recibirán una copia del datagrama enviado a dicha dirección. El grupo multicast está formado por los miembros activos, y se mantiene de forma dinámica mediante conexiones y desconexiones de los mismos (orientado al receptor).

Independientemente de su naturaleza dinámica, los grupos multicast pueden ser permanentes o transitorios.

- Grupo permanente: tiene asociada una dirección IP multicast fija, independientemente del número de miembros que tenga el grupo. Se asocian a aplicaciones normalizadas.

Ejemplos:

- 224.0.0.1 - Todos los sistemas de la subred
- 224.0.0.2 - Todos los encaminadores de la subred
- 224.0.0.4 – Todos los encaminadores DVMRP de la subred
- 224.0.0.5 - Todos los encaminadores OSPF (Primera Ruta mas corta posible) del dominio

Se puede hacer uso del servicio DNS (Sistema de Nombres de Dominio) para localizar la dirección asociada a un grupo multicast permanente (dominio *mcast.net*) y lo mismo para sus resoluciones inversas ( 224.in-addr.arpa.)

- Un grupo transitorio se crea dinámicamente (en el momento que se lanza una aplicación multidifusión), y dejará de existir cuando deje de tener miembros activos.

El grupo multicast se considera siempre de receptores, no de emisores.

Esto implica que el originante de un datagrama multicast no tiene por qué ser miembro del grupo al que envía dicho datagrama.

### 3.4.2.2 Multicast en un segmento físico.

La entrega física de un datagrama IP multicast a los miembros de la subred está condicionada por la capacidad multidifusión de la tecnología de red utilizada:

Se cuenta con capacidad multidifusión → se mapea sobre ella el envío multicast IP. El problema se centrará en la traslación de direcciones multicast IP en direcciones multicast propias de la tecnología de red subyacente.

No se cuenta con capacidad multidifusión → se implementan soluciones multicast IP mediante simulación por múltiples entregas unienvío o por difusión.

Redes Ethernet, Ethernet cuenta con un servicio de envío multicast que permite alcanzar todas las máquinas que pertenecen a un grupo dentro del segmento.

El envío de datagramas IP multicast sobre Ethernet requiere la conversión de la dirección IP a una dirección MAC multicast, su encapsulamiento en una trama y el envío de la misma hacia el segmento. Todos los equipos pertenecientes al grupo multicast IP tendrán que configurar en su interface Ethernet la atención a esa dirección MAC multicast en la que se ha mapeado la dirección IP.

Las direcciones MAC reservadas para multicast están comprendidas en el rango 01-00-5E-00-00-00 a 01-00-5E-7F-FF-FF (23 bits menos significativos de las direcciones MAC).

La asociación entre ambas direcciones se realiza mediante un mapeo estático, solapando los 23 bits menos significativos de la dirección IP (de 32 bits) en la parte más baja de la dirección MAC 01-00-5E-00-00-00. Como la dirección IP multicast tiene 28 bits variables los 5 bits más significativos de la dirección IP no quedan reflejados en la dirección MAC:

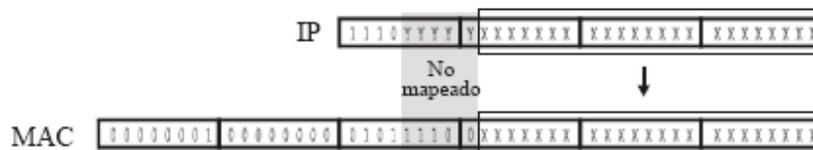


Figura 3.10

Hasta 32 grupos multidifusión IP pueden ser mapeados en la misma dirección multicast MAC. Por ello es necesario filtrar a nivel IP los datagramas multicast que entrega el interface Ethernet, por si no corresponden con los grupos multicast IP a los que está asociado el interface IP.

### 3.4.2.3 Multidifusión entre segmentos.

Será necesario contar con **m routers (encaminadores multidifusión)** que puedan procesar estos datagramas de modo que una copia de los mismos alcance cada uno de los equipos miembro del grupo multidifusión de forma eficiente a través de rutas sin bucles. Esto se consigue mediante un **multicast delivery tree (árbol de entrega multicast)** que se construye a través de los encaminadores y que tiene por ramas todos los equipos que forman parte del grupo multicast.

Este árbol de entrega es dinámico, en función de la conexión/desconexión de los miembros del grupo.

### 3.4.2.4 Necesidades.

- Un protocolo para determinar la pertenencia a un grupo de multidifusión, IGMP (Internet Group Management Protocol).
- Algoritmos y protocolos de encaminamiento multidifusión para construir y mantener los árboles de entrega (existen dos modelos de algoritmo y múltiples protocolos que los implementan: DVMRP, MOSPF, PIM-DM, PIM-SM,).
- Se encargan de mantener las ramas de este árbol y podar las que ya no conducen a miembros del grupo.
- Un mecanismo para establecer el ámbito de la multidifusión, determinando el alcance de la misma.

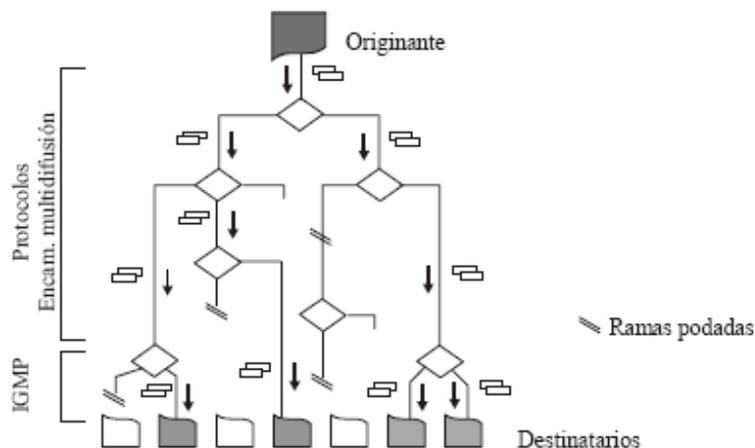


Figura 3.11

- Los dos primeros requisitos los trataremos en los siguientes apartados. En cuanto al ámbito de multidifusión, puede establecerse de dos modos diferentes:

- Mediante el campo TTL del datagrama. Dependiendo de su valor, los encaminadores limitaran el reenvío del mismo:

TTL	Ámbito
0	Restringido al propio equipo. No sale a la subred.
1	Restringido a la misma subred. No será encaminado por los mrouter.
32	Restringido a la propia corporación.
64	Restringido a la propia región.
128	Restringido al mismo continente.
255	Ámbito global. Sin restricciones.

Tabla 5.

- Mediante la dirección IP de multidifusión empleada (el rango 224.0.0.0 – 224.0.0.255 está reservado para aplicaciones multidifusión de un solo salto, y los datagramas no serán reenviados por los mrouter).
- Las restantes direcciones de clase D se utilizan para aplicaciones sin restricciones en cuanto a ámbito, por lo que deberá utilizarse el primer mecanismo.

#### 3.4.2.4.1 IGMP

El Protocolo de administración del grupo Internet (IGMP) está recogido en las RFC 1112, 2236 y 3376 (versiones 1, 2 y 3). Establece un mecanismo para el intercambio y actualización de información sobre la pertenencia de los equipos de un segmento a un grupo multicast. El diálogo se desarrolla entre los equipos miembros y los mrouter de su segmento y posibilita la conexión y desconexión de los equipos a los grupos multicast. Los equipos informan acerca de su pertenencia a un grupo, y los encaminadores de multidifusión sondan periódicamente el estado de dichas pertenencias.

#### 3.4.2.4.2 Mensajes IGMP

Se transportan encapsulados dentro de los datagramas IP (*protocol* = 2). Su estructura es la siguiente:

0	8	16	31
Tipo	T. max resp	Checksum	
Dirección de clase D			

El campo Tipo establece los distintos tipos de mensaje reconocidos en IGMP:

Tipo	Función
0x16: Informe de pertenencia de equipo ( <i>membership report packet</i> )	Enviado por un equipo que se une al grupo multidifusión. También reenvía como respuesta a un mensaje de consulta del encaminador multidifusión.
0x11: Consulta de pertenencia de equipos ( <i>membership query packet</i> )	Enviado periódicamente por los encaminadores para sondear la subred en busca de los miembros del grupo.
0x17: Dejar grupo ( <i>leave group packet</i> )	Enviado por un equipo cuando abandona el grupo multidifusión.

Tabla 6.

El Tiempo máximo de respuesta indica (en décimas de segundo) el tiempo máximo que el encaminador esperará un mensaje IGMP de tipo Informe de pertenencia por parte de los equipos. El campo checksum protege el mensaje y el campo Dirección contiene la dirección multicast del grupo afectado.

#### 3.4.2.4.3 Modo de operación.

Los mrouter mantienen una base de datos de grupos multicast para cada uno de sus interfaces, donde se recogen las direcciones multidifusión activas (con una entrada del tipo (grupo multicast, interface)). Cuando un equipo desea conectar a un grupo envía un Informe de Pertenencia con la dirección multicast del mismo. El encaminador que detecta ese mensaje comprueba si ya existe dicho grupo asociado al interface, y si no es así registra la nueva pertenencia. Periódicamente (cada 125 seg.) el encaminador chequeará la presencia de miembros de los grupos registrados en cada interface

(Consulta de Pertenencia) y si deja de recibir respuestas eliminará la anotación asociada.

En la versión 3 de IGMP se permite establecer filtros a los envíos: los equipos pueden limitar desde qué direcciones IP origen aceptarán datagramas multidifusión para cada grupo al que pertenecen.

#### 3.4.2.5 Algoritmos y protocolos de encaminamiento multidifusión.

##### 3.4.2.5.1 Algoritmos.

Los algoritmos multidifusión permiten mantener los árboles de entrega multicast entre los encaminadores para alcanzar a todos los miembros de un grupo. Deben verificar los siguientes requisitos:

- Encaminar los datagramas sólo a los miembros del grupo multidifusión
- Optimizar las rutas desde el origen hasta cada destino, y evitar bucles
- Distribuir la carga por todas las ramas
- Mantener el árbol mediante un modelo de señalización eficiente y escalable

Dos son los algoritmos utilizados por los protocolos multidifusión: Propagación por la Trayectoria Inversa (RPF, *Reverse Path Forwarding*) y Árbol Centralizado (CBT, *Center-Based Tree*)

#### **3.4.2.5.2 Propagación por la Trayectoria Inversa (RPF).**

El algoritmo RPF construye un árbol de entrega desde el origen hasta cada miembro del grupo. Para ello cada datagrama multidifusión recibido en un encaminador se reenviará por las restantes interfaces que cuenten con miembros del grupo, siempre que la interface por la que ha llegado es la utilizada por el encaminador para enviar datagramas univariado hacia el origen del datagrama multicast (trayectoria inversa).

Los árboles así obtenidos mantienen rutas óptimas, y además son dependientes de cada origen (distintos orígenes pueden dar lugar a diferentes árboles), con lo cual se distribuye mejor la carga multidifusión por toda la red

#### **3.4.2.5.3 Árbol Centralizado (CBT).**

En este algoritmo se selecciona un encaminador que actuará como punto central (*center point*) o raíz del árbol de entrega para un grupo multidifusión.

Cuando un equipo envía un Informe de Pertenencia IGMP para conectarse a un grupo, su petición irá “ascendiendo” hacia el punto central: en caso de que no exista, se irán estableciendo nuevas ramas del árbol, en el camino hacia el punto central. Para ello, si el encaminador que recibe la solicitud ya forma parte del árbol de entrega de ese grupo (ya tiene registrados otros miembros del mismo) verifica si el interface por el que ha recibido la petición está asociado al grupo, y si no es así lo asocia (añade una nueva rama). Si el encaminador no forma parte del Árbol, además reenvía la petición hacia otro encaminador multidifusión que se encuentre en el camino hacia el punto central (creando igualmente una nueva rama).

El árbol así obtenido es óptimo desde el punto central a los miembros del grupo, pero obliga a que el envío multicast desde un origen se envíe al punto central, para su posterior reenvío (trayectos sub-óptimos). Otra característica de CBT es que el árbol obtenido es único para el grupo, independientemente del (o los) originante(s).

### 3.4.2.6 Protocolos.

Son los responsables del mantenimiento de los árboles, utilizando los modelos de algoritmo descritos o variantes de los mismos. Como soporte en la toma de decisión de los algoritmos, el encaminador puede hacer uso de información de encaminamiento unienvío (las tablas de encaminamiento unicast), u obtener la información necesaria mediante el propio protocolo multicast.

En función del ámbito de aplicación y de las dimensiones de la red, los distintos protocolos de encaminamiento multicast se clasifican en “**densos**” (**dense mode**) y “**esparcidos**” (**sparse mode**).

Soluciones “densas”: diseñadas para entornos en los que existe una buena representación de miembros del grupo en la red, y se cuenta con ancho de banda suficiente. La estrategia que se sigue es partir de un árbol muy denso (por ejemplo, un árbol de difusión que conecte todas las subredes) e ir podándolo al recibirse notificaciones explícitas por parte de los encaminadores de que no hay actividad en una rama concreta. Habitualmente se utilizan algoritmos RPF en estas soluciones.

Soluciones “esparcidas”: se utilizan en redes de gran cobertura en las que no se cuenta con una gran presencia de miembros del grupo. Construyen el árbol en función de la pertenencia al grupo con notificaciones explícitas por parte de los encaminadores multicast, reduciendo la carga de control necesaria. Se basan en algoritmos CBT.

#### 3.4.2.6.1 DVMRP (Protocolo de enrutamiento Multicast, vector distancia).

DVMRP es un protocolo de encaminamiento multidifusión de tipo “denso”, muy conocido y utilizado en pequeños o medianos sistemas autónomos (SA), ya que se implementa mediante mrouterd (ruteador multicast), disponible la mayoría de las versiones Unix.

Está basado en un modelo de vector distancia, como ocurre con el protocolo de encaminamiento unienvío RIP. De hecho, tiene muchas similitudes con RIP-2 (vector distancia, métrica de saltos, soporte de máscaras...) y un ámbito de aplicación equivalente.

La obtención del árbol de entrega multicast se realiza utilizando como punto de partida un árbol de difusión, y realizando a continuación podas para limitar su alcance. Para ello se construye un árbol de difusión desde el origen basado en RPF, y a continuación se van podando sus ramas para que sólo contenga las activas (que alcanzan miembros del grupo).

La estrategia es la siguiente:

Cada encaminador envía periódicamente su tabla de rutas (vector distancia) a los encaminadores vecinos a través de la dirección 224.0.0.4 (que escuchan todos los encaminadores DVMRP) y, con los vectores distancia recibidos, cada

encaminador calcula las rutas óptimas hacia las distintas redes destino existentes (como en RIP (Protocolo de Encaminamiento de Información)).

Pero para el intercambio de datagramas multicast utiliza RPF: al recibir un datagrama multicast por uno de sus interfaces, se extrae la dirección origen del mismo y, si ha entrado por el interface óptimo para llegar a esa dirección como destino, se reenvía por los restantes interfaces. En otro caso, se descarta.

Con el envío de un primer datagrama multidifusión de un grupo se establece un árbol que alcanza todas las subredes, aunque no tengan miembros activos de este grupo. A continuación habrá que “podar” las ramas inactivas. Cada encaminador que ha recibido un paquete de multidifusión de un grupo y no cuenta con miembros del mismo en sus interfaces enviará un mensaje de poda al encaminador superior (por donde le llegó el datagrama). Lo mismo hará el superior si recibe mensajes de poda por todos los interfaces por donde reenvió el datagrama, y así hasta cerrar el árbol para este grupo.

Los encaminadores tiene que recordar los mensajes de poda que han enviado, porque estas podas tienen una validez limitada (caducan a las dos horas), y tendrán que renovarse transcurrido ese tiempo. Igualmente, si se realiza la conexión de un nuevo equipo al grupo multidifusión (notificada por un Informe de Pertenencia IGMP) y está podada la rama, el encaminador deberá enviar un nuevo mensaje de conexión o “injerto” que reconstruirá nuevamente la antigua rama podada.

#### **3.4.2.6.2 Protocolo MOSPF (Multicast OSPF).**

Extensión multidifusión del protocolo OSPF, basado igualmente en algoritmos de estado de enlace. Su modo de operación es el siguiente:

Los encaminadores difunden dentro de cada Área OSPF información sobre los grupos de multidifusión activos y sus miembros. De este modo, cada encaminador multidifusión cuenta con dicha información y puede calcular de forma independiente las rutas de camino más corto desde un origen hacia todos los receptores miembros del grupo y reenviar adecuadamente los datagramas multicast que reciba por cualquiera de sus interfaces.

Para el intercambio de información sobre grupos multicast (y sus receptores) con encaminadores de otras Áreas OSPF se utilizan los ABR (encaminadores de borde de área). Para evitar la difusión innecesaria de tráfico multicast, uno de los ABR asume la tarea de centralizar la información y distribuir los envíos multicast entre áreas. MOSPF se suele clasificar como un protocolo “denso” porque utiliza técnicas de difusión para propagar la información sobre grupos multicast y receptores, aunque no utiliza técnicas de difusión para el envío de los datagramas multicast a cada miembro del grupo, sino todo lo contrario: los datagramas se envían exclusivamente a cada miembro del grupo y por el camino más corto. Desde este punto de vista puede considerarse un protocolo “esparcido”.

En todo caso es un protocolo con dependencia plena de OSPF, y por ello sólo se implementa en redes con encaminamiento unienvío OSPF.

#### **3.4.2.6.3 IPIM (Protocol Independent Multicast).**

Precisamente debido a la complejidad de MOSPF, y a su dependencia de un modelo de encaminamiento unienvío, se abordó el estudio y desarrollo de PIM, un protocolo multicast independiente del protocolo unienvío utilizado. PIM define dos modos de operación, Denso (DM, *Dense mode*) y Esparcido (SM, *Sparse mode*), para adecuarse a la densidad de equipos de un grupo multidifusión presentes en un Sistema Autónomo.

Ambos modelos (denso y esparcido) pueden convivir en un SA (por ejemplo, para distintos grupos multidifusión), siendo incluso posible conmutar entre ambos modos, lo que permitiría usar ambas soluciones dentro de un mismo grupo.

##### **PIM - DM (Protocolo Multicast Independiente — Modo denso)**

PIM-DM implementa el algoritmo RPF. Para determinar si un datagrama multicast ha entrado por la ruta correcta se utiliza la información disponible: la tabla de encaminamiento mantenida con el protocolo unienvío adoptado en el sistema. De manera similar a la del protocolo DVMRP, PIM-DM construye inicialmente un árbol de difusión que lleva desde el origen a todos los encaminadores multicast, y posteriormente se utiliza la información recolectada a través de IGMP y difundida es de los miembros del grupo hacia el origen para podar las ramas inactivas. Debe mantenerse información sobre las ramas podadas para un grupo, por si hay que volver a reactivarlas (injertos).

PIM-DM es un protocolo muy simple de implementar. Su enfoque denso lo hace adecuado para entornos en que hay pocos grupos y muchos receptores en los mismos, poca distancia entre emisores y receptores, y alto volumen de tráfico multicast.

##### **PIM-SM (Protocol Independent Multicast — Sparse Mode)**

PIM-SM utiliza una variante del algoritmo CBT basada en un RP (Punto de Reunión, *Rendezvous Point*), que tiene una función equivalente al Center Point del CBT. El RP es la localización donde los originantes conectan con los receptores multidifusión.

#### **Operación.**

Todos los originantes deben registrarse en el RP. Igualmente todos los receptores se integrarán en un árbol con raíz en el RP, enviándose para ello mensajes de conexión en el momento en que un nuevo integrante se da de alta. Estos mensajes progresan hacia el RP y sirven para abrir nuevas ramas o integrar la nueva ruta en una rama ya existente hacia el RP.

Inicialmente, el tráfico desde el originante se envía al RP, y, a través del árbol de difusión, se reenvía a los destinatarios.

### **Mantenimiento del árbol.**

El árbol sólo mantiene ramas hacia los equipos que han solicitado explícitamente su conexión al grupo. Para descartar (podar) ramas obsoletas, los encaminadores integrados en el árbol deben enviar mensajes periódicos hacia el RP para confirmar el mantenimiento de las ramas. Si se dejan de recibir estos mensajes las ramas afectadas se podan. Tampoco se guarda información sobre las podas realizadas, ya que una reactivación de la rama por nuevos miembros se indicará explícitamente.

### **Optimización.**

Los caminos originante destinatarios son sub-óptimos ya que el tráfico se envía a través del RP, no necesariamente el camino más corto entre origen y destinos. Una vez que comienzan los envíos, es posible rehacer el árbol con raíz en RP para que se convierta en otro árbol que tenga como raíz al originante (caminos óptimos). Para ello se utilizan los mensajes periódicos de conexión desde la fuente para activar nuevos caminos óptimos hacia los destinos y podar los que utilizan el RP como raíz.

PIM-SM es adecuado en entornos con pocos receptores en cada grupo multicast y ancho de banda escaso.

### **3.4.3 Replicación de contenidos.**

La replicación de contenido es una técnica que mejora la escalabilidad y se realiza mediante almacenamiento intermedio (caching) o duplicación de datos (mirroring).

Sus ventajas son:

- Reducir el consumo de ancho de banda
- Reducir carga a los servidores de streaming
- Reducir latencia contra los clientes
- Aumentar disponibilidad

El sistema de mirroring realiza copias en varios equipos diseminados en la Internet de forma que el cliente pueda traer datos tanto del servidor original como de los servidores duplicados. Las ventajas del mirroring son que los contenidos están duplicados y el distribuidor puede ver los logs de acceso para conocer sus clientes. Por otro lado el sistema es caro y lento así como complejo. El sistema de caching se basa en la creencia de que clientes diferentes cargarán la misma información. Esto amerita realizar copias que los clientes de una organización acceden contra una máquina local llamada cache.

Este sistema tiene como ventaja el hecho de que los caches pueden formar una infraestructura compartida que funciona para todos los servidores de streaming y que los caches pueden ser distribuidos en forma incremental.

Los ISP han sido impulsores de este sistema, pero los caches no pueden suministrar los servicios que los distribuidores requieren: soporte de QoS y seguridad.

### **3.5 Servidores de streaming.**

Los servidores de streaming juegan un papel importante para proveer servicios de streaming de calidad, estos procesan datos multimedia bajo estrictas condiciones en tiempo para prevenir espasmos del video (en movimiento) o del audio, además tienen que soportar operaciones de control como detener, pausa/resumen, adelantar y atrasar. También se dan a la tarea de entregar componentes multimedia en un modo síncrono. Por ejemplo, entrega la presentación del lenguaje, lo cual requiere sintonización de video y audio.

Un servidor de streaming consiste generalmente de tres subsistemas:

1. *Comunicador*: Un comunicador comprende la capa de aplicación y protocolos de transporte implementados en el servidor (como se muestra en la Fig. 3.1). Es a través de un comunicador que los clientes pueden comunicarse con un servidor y recuperar contenidos multimedia en un modo continuo y síncrono.
2. *Sistema Operativo*: A diferencia de los sistemas operativos tradicionales, un sistema operativo para servicios de streaming tiene que satisfacer requerimientos en tiempo real para aplicaciones de éste tipo.
3. *Sistema de almacenamiento*: Un sistema de almacenamiento para servicios de streaming tiene que soportar almacenamiento y recuperación continua de contenidos.

#### **3.5.1 Sistema Operativo en tiempo real.**

El sistema operativo ofrece varios servicios relacionados con los recursos esenciales, como el CPU, memoria principal, almacenamiento, y todos los dispositivos de entrada y salida.

En lo siguiente se muestra como tomar en consideración la administración del tiempo que demanda el streaming, así como los métodos para ello; posteriormente se describe como administrar los recursos para conformar los requerimientos de tiempo y finalmente se discute sobre la administración de archivos.

### 3.5.1.1 Administración de procesos.

El administrador de procesos asigna procesos simples a recursos del CPU de acuerdo a un plan específico, tal que todos los procesos puedan satisfacer sus requerimientos.

Para satisfacer los requerimientos de tiempo de multimedia continua, el sistema operativo tiene que usar técnicas en tiempo real. Los mayores intentos para resolver los problemas en tiempo real, son solo variaciones de dos algoritmos básicos para sistemas multimedia: EDF y Rate-Monotonic Scheduling. En EDF (algoritmo de prioridad a la tarea más urgente), a cada tarea se le asigna un plazo y las tareas se procesan en orden de la que tenga el plazo menor a la que tenga el plazo mayor. En Rate-Monotonic Scheduling (programación de razón monótona), a cada tarea se le asigna una prioridad estática de acuerdo a una razón requerida (se asume que cada tarea es periódica.). Específicamente la tarea con el periodo más corto (o la razón más alta) tiene la más alta prioridad y la tarea con el periodo más largo (o la razón más baja) tiene la más baja prioridad; así las tareas son procesadas en orden de prioridades.

Ambos, EDF y Rate-Monotonic Scheduling son preventivos, esto es, pueden prever la tarea actual y programar la nueva tarea basándose en su plazo o prioridad. La diferencia entre éstos, se puede describir como sigue.

Un administrador de procesos EDF se basa en una prioridad de cola de tareas, donde el procesador corre las tareas con plazo pequeño. Por otra parte, un Rate Monotonic Scheduler es un administrador de procesos de prioridad estática con colas de tareas de múltiple prioridad; esto es, las tareas de más baja prioridad en la cola no pueden ejecutarse hasta que todas las tareas de alta prioridad en la cola se atiendan. En el ejemplo de la Fig. 3.12, hay dos secuencias de tareas. La secuencia de razón alta comprende las tareas 1-8; la secuencia de razón baja comprende las tareas de la A-D. Como se muestra en la figura, en Rate Monotonic Scheduling, la tarea 2 es previa a la tarea A, puesto que la tarea 2 tiene una prioridad más alta; por otro lado, en EDF, la tarea 2 no es previa a la tarea A, puesto que la tarea A y la tarea 2 tienen los mismos plazos ( $d_A = d_2$ ). Esto deja ver que un Rate Monotonic Scheduler es más propenso a interrumpir tareas que EDF. En conclusión, el algoritmo Rate Monotonic Scheduler asegura que todos los plazos se cumplirán con una utilización del procesador por debajo del 69%; mientras que el algoritmo EDF puede llegar a utilizar el 100% del procesador sin garantizar el procesamiento de algunas tareas durante periodos de sobrecarga.

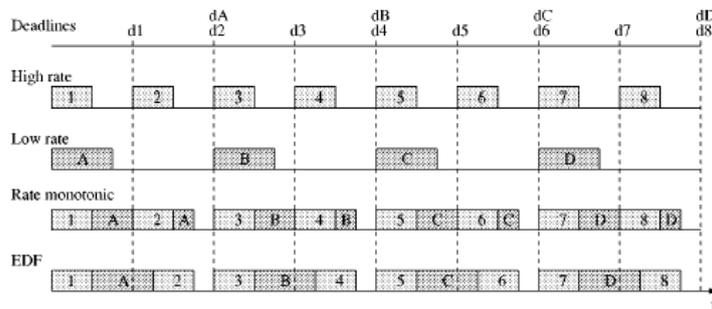


Figura 3.12 EDF contra horarios de razón monótona.

### 3.5.1.2 Administración de recursos.

Los recursos en un servidor multimedia incluyen CPUs (Unidad de procesamiento central), memorias, dispositivos de almacenamiento, etc. Puesto que los recursos son limitados, un servidor multimedia puede servir solo a un número limitado de clientes que requieren QoS. Por tanto se requiere la administración de recursos para dirigir recursos y adaptarse a los requerimientos de tiempo. La administración de recursos implica control de admisión y asignación de recursos.

Específicamente, antes de admitir un nuevo cliente, un servidor multimedia tiene que hacer una prueba de control de admisión para decidir si puede admitirse una nueva conexión sin violar las garantías de ejecución ya provistas a conexiones existentes. Si se acepta una conexión, el administrador de recursos asigna los recursos requeridos para satisfacer la QoS para la nueva conexión.

Los algoritmos de control de admisión pueden ser clasificados en dos categorías: determinística y estadística. La admisión de control determinística da garantía sólida a los clientes, mientras que los algoritmos estadísticos dan garantías estadísticas (requiere de al menos un porcentaje fijo asegurado para que sea conveniente). Las ventajas del control de admisión determinístico son simplicidad y estricta seguridad de calidad; así como la baja utilización del servidor de recursos. Por el contrario, el control de admisión estadístico aumenta la utilización del servidor explotando las tolerancias de percepción humanas así como las diferencias entre el promedio y las características del peor caso de ejecución de un servidor multimedia.

De igual forma que los algoritmos de control de admisión, los esquemas de asignación de recursos pueden ser determinísticos o estadísticos. Los algoritmos de control determinístico requieren esquemas de asignación de recursos determinísticos, mientras que los algoritmos de control de admisión estadístico requieren esquemas de asignación de recursos estadísticos. Los esquemas de asignación de recursos determinísticos hacen reservas para los peores casos, por ejemplo, reservar ancho de banda para los procesos de tiempo más largos y los de más alta velocidad.

Por otro lado, los esquemas de asignación de recursos estadísticos llegan a una utilización más alta, permitiendo sobrecarga temporalmente, lo que da resultado a un pequeño porcentaje de violaciones de QoS.

### 3.5.1.3 Administración de archivos.

El sistema de archivos provee la función de acceso y control para almacenamiento y recuperación de archivos. Hay dos aproximaciones básicas para soportar continuidad multimedia en el sistema de archivos. En la primera aproximación, la organización de archivos en discos con el soporte necesario en tiempo real, dio a través de discos programados y de algoritmos especiales, suficiente capacidad de buffer y permitió evitar el brincoteo. La segunda aproximación es para organizar y distribuir el almacenamiento de archivos de audio y video, en arreglos de discos. Bajo la segunda aproximación, se puede mejorar el manejo de discos por esparcimiento o eliminando cada archivo de audio/video de varios discos; los tiempos de búsqueda en discos se pueden reducir por algoritmos de discos programados.

Los algoritmos de discos programados tradicionales tales como first-come-first-served y SCAN no proveen garantías en tiempo real. De aquí, muchos algoritmos de discos programados han sido propuestos para soportar multimedia continua. Estos incluyen SCAN-EDF, GSS, y DC-SCAN, los cuales se describen a continuación.

- SCAN-EDF combina la optimización de búsqueda del método de disco programado tradicional SCAN y las garantías de tiempo real del mecanismo EDF. Note que el mecanismo EDF en disco programado no es preventivo, es diferente del esquema preventivo EDF usado en administración de procesos.
- GSS divide el grupo de  $n$  flujos en  $g$  grupos; los grupos pueden ser formados de tal forma que en todos los flujos comiencen los mismos grupos que tienen plazos similares; de acuerdo a SCAN se emplean flujos individuales dentro de un grupo.
- DC-SCAN emplea una orden de servicio circular SCAN para minimizar la búsqueda, sobrecarga del disco y variaciones de tiempo entre servicio, dando como resultado un alto throughput; eso reduce el retardo start-up adaptando dinámicamente la orden de servicio circular SCAN.

En conclusión, los tres algoritmos, SCAN-EDF, GSS y DC-SCAN, pueden mejorar el throughput de datos en multimedia continua y satisfacer los requerimientos de tiempo real impuestos por la multimedia.

Otra función que tiene que ser soportada por la administración de archivos es el control interactivo, como pausa/resumen, adelantar, y atrasar.

Las operaciones pausa/resumen ponen un reto significativo al diseño de esquemas eficientes de administración del buffer, por que interfieren con la parte de flujo multimedia entre diferentes espectadores. Esta tarea aún está bajo estudio.

Las operaciones de adelantar y atrasar pueden ser implementadas por playing back en multimedia a una velocidad más alta de la normal o por playback continuo a una velocidad normal mientras se omiten algunos datos. Puesto que la aproximación nombrada primero, puede incrementar significativamente la velocidad de datos, su implementación directa es impracticable. La última aproximación tiene que ser diseñada cuidadosamente si se presentan las dependencias interdatos (por ejemplo, los cuadros P- y B- dependen de los cuadros I- en MPEG). Como resultado, para streaming de MPEG video, se tienen que omitir GOPs<sup>20</sup> (Grupo de cuadros) durante operaciones de adelantado, y los espectadores ven una resolución normal de video con intervalos, lo cual es aceptable.

### **3.5.2 Sistema de almacenamiento.**

Las desafiantes tareas del diseño de sistemas de almacenamiento para multimedia son de alto throughput, gran capacidad y tolerancia.

#### **3.5.2.1 Diseminar datos: Método A para incrementar el throughput.**

Si un archivo de video completo se almacena en un disco, el número de accesos concurrentes de ese archivo esta limitado por el throughput de ese disco. Esto dicta el número de clientes que pueden ver el mismo archivo de video. Para superar esta limitación, se propuso diseminar los datos. Bajo los esquemas de diseminación de datos, un archivo multimedia se difunde a través de múltiples discos y arreglos de discos a los que se puede acceder en paralelo. Un ejemplo de diseminación de datos se muestra en la figura 3.13. Como se muestra en la figura los bloques 1,2, y 3 del archivo se puede leer en paralelo, dando como resultado un incremento en el throughput. Una tarea importante en el diseño de esquemas de diseminar datos es balancear la carga de la carga más pesada en los discos para evitar situaciones de sobrecarga. Nótese que el diseminar datos es diferente a la replicación de archivos (una forma más cara para incrementar el throughput), el diseminar datos permite solo una copia de un archivo de video a ser almacenada en un disco, mientras que la replicación permite múltiples copias de un archivo de video a ser almacenadas en discos.

---

<sup>20</sup> Representa la estructura de trabajo de la compresión MPEG.

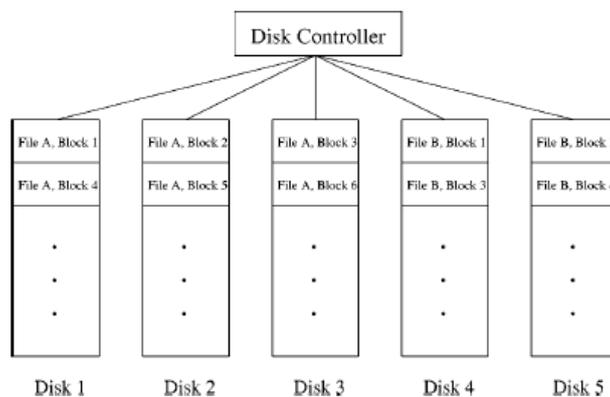


Figura 3.13 Diseminación de datos en múltiples discos y con acceso en paralelo.

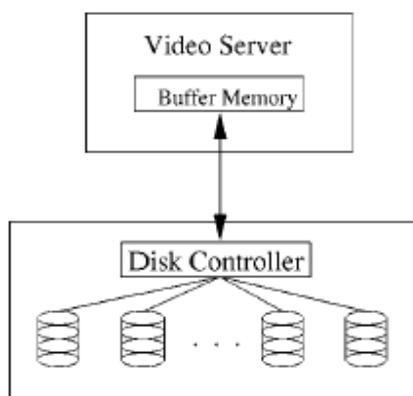


Figura 3.14 Almacenamiento de video basado en discos.

### 3.5.2.2 Almacenamiento terciario y jerárquico: Método A para incrementar la capacidad.

La introducción de discos múltiples puede incrementar la capacidad de almacenamiento, como se muestra en la figura 3.14. Sin embargo, el costo para archivos grandes (con requerimientos de almacenamiento de 40 Tbytes) es extremadamente alto si se usa un gran número de discos para almacenarlos. Por lo que para reducir el costo de almacenamiento se añade el almacenamiento terciario.

Normalmente bajo una arquitectura jerárquica de almacenamiento (como se muestra en la figura 3.15), solo una fracción del total de almacenamiento se mantiene en disco, mientras la mayor parte sobrante se mantiene en un sistema de cinta terciaria. Específicamente, los archivos de video de alta demanda se mantienen en discos para un acceso rápido; y el resto residen en una biblioteca de cinta automatizada.

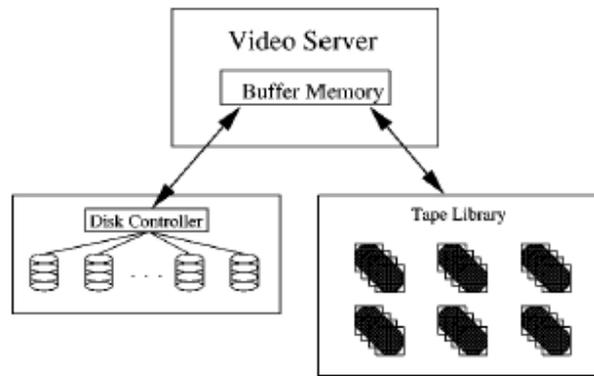


Figura 3.15 Almacenamiento jerárquico.

Para proveer servicios de streaming en una gran escala, se emplea una SAN (Red de Área de Almacenamiento)<sup>21</sup> (como se muestra en la figura 3.16). Una SAN puede proveer alta velocidad de datos en canales entre dispositivos de almacenamiento y hosts (cualquier equipo conectado a la red) a una distancia muy considerable. Las conexiones en una SAN pueden ser enlaces directos entre dispositivos específicos de almacenamiento y hosts individuales, a través de conexiones FC-AL<sup>22</sup> (canal de fibra), o pueden formar una matriz a través de un canal de fibra. Con estas conexiones de alta velocidad, una SAN es capaz de relacionar dispositivos de almacenamiento heterogéneos (arreglos de discos, bibliotecas de cinta, y arreglos de almacenamiento ópticos), múltiples servidores y clientes almacenadores.

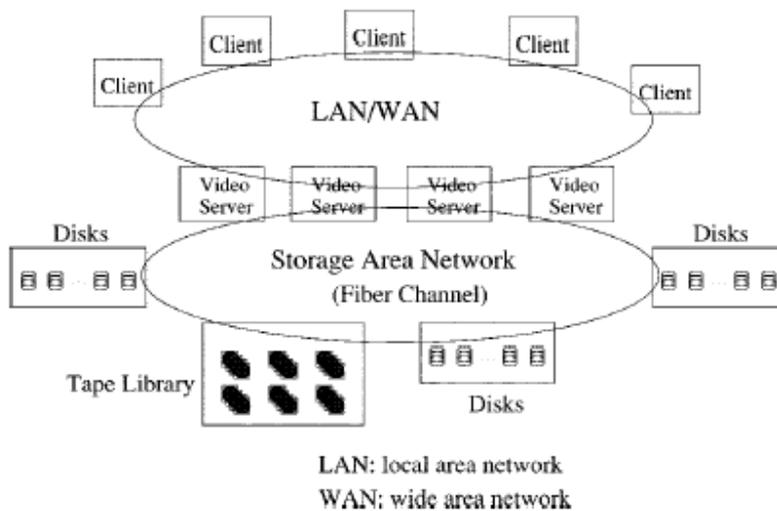


Figura 3.16 Un servidor basado en SAN y arquitectura de almacenamiento para gran escala.

<sup>21</sup> Red dedicada al transporte de datos para almacenamiento y recuperación de los mismos.

<sup>22</sup> Unión de protocolos que permite a varios servidores y dispositivos de almacenamiento estar conectados dentro de una red de almacenamiento.

## Tolerancia.

Para tratar de evitar que los servicios sean interrumpidos debido a discos defectuosos, un servidor tiene que ser capaz de reconstruir información perdida. Esto se puede lograr usando información redundante. La información redundante podría ser información de paridad generada por códigos de corrección de error como FEC, o duplicación de datos en discos separados. Hay dos técnicas de tolerancia: codificación de corrección de error (poniendo paridad en el código) y duplicado espejo. La paridad de datos añade un pequeño volumen de almacenamiento al inicio, lo cual requiere sincronización de lectura y un proceso de tiempo adicional para decodificar la información perdida. Por otro lado, el duplicado espejo no requiere sincronización de lectura o procesos de tiempo adicionales para decodificar información perdida, lo cual simplifica significativamente el diseño y la implementación en servidores de video. Sin embargo, el duplicado espejo hace el volumen de almacenamiento dos veces menor. Como resultado, hay un intercambio entre exactitud y complejidad (costo).

### 3.6 Sincronización multimedia.

Una característica importante que distingue las aplicaciones multimedia de otras aplicaciones de datos tradicionales, es la integración de varios flujos multimedia que tienen que presentarse en un uso sincronizado. Por ejemplo, durante una clase de aprendizaje, la presentación de las partes debe ser sincronizada con la narración de un flujo de audio (ver figura 3.17). De otro modo, parte actual que comienza a desplegarse en la pantalla puede no corresponder a la explicación escuchada por los estudiantes, lo cual es problemático. Con la sincronización multimedia, la aplicación en el receptor puede presentar los flujos multimedia en la misma forma en que fueron originalmente capturados.

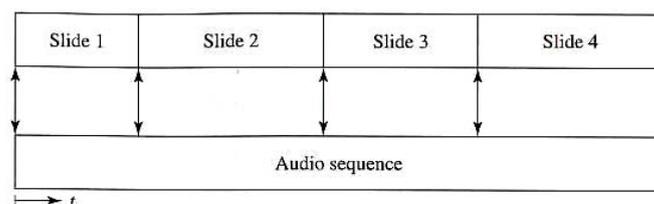


Figura 3.17 Sincronización entre rebanadas y flujos de narraciones de audio.

La sincronización multimedia se refiere a la preservación de la relación temporal entre un flujo de datos y varios flujos de datos. Hay tres niveles de sincronización, es decir, intra-flujo, inter-flujo y sincronización inter-objeto. Los tres niveles de sincronización corresponden a las tres capas semánticas de datos multimedia, como sigue:

1. *Sincronización intra-flujo*: La capa más baja de multimedia continua o datos dependientes del tiempo (como video y audio) es la capa multimedia. La unidad de la capa multimedia es la LDU (Unidad Lógica de Datos), tal como la trama de audio y video, el cual añade obligación temporal rigurosa para asegurar una percepción de usuario aceptable en playback. La sincronización intra-flujo mantiene la continuidad de los LDUs. Sin sincronización intra-flujo, la presentación del flujo puede ser interrumpida por pausas o intervalos.
2. *Sincronización inter-flujo*: La segunda capa de datos dependiente del tiempo es la capa de flujo. La unidad de la capa de flujo es un flujo conjunto. La sincronización inter-flujo mantiene relaciones temporales entre diferentes flujos multimedia continuos. Sin sincronización inter-flujo, las tergiversas entre los flujos pueden comenzar a ser intolerables. Por ejemplo, los usuarios podrían molestarse si perciben que los movimientos de los labios de un locutor no corresponden al audio presentado.
3. *Sincronización inter-objetos*: La capa más alta de un documento multimedia es la capa objeto, la cual integra los flujos y los datos independientes de tiempo tales como texto e imágenes fijas. El objetivo de la sincronización inter-objeto es iniciar y detener la presentación de los datos independientes de tiempo en un intervalo de tiempo tolerable. Sin la sincronización inter-objetos, por ejemplo, una parte de la audiencia a la que se muestra podría molestarse si el audio es referido solo a una parte mientras esta siendo presentado a otra parte.

Los flujos multimedia pueden perder sincronización después de ser trasladados del servidor al cliente. Hay muchos componentes en la ruta de transporte de datos de un sitio de almacenamiento al usuario. Específicamente, el servidor repara datos del dispositivo de almacenamiento y envía esos datos a la red; la red transporta los datos al cliente; el cliente lee la información en su interfaz de red y la presenta al usuario, y los sistemas operativos y los protocolos permiten a estos sistemas correr y hacer su trabajo. Cada uno de estos componentes en la ruta de transporte ejecuta una cierta tarea y afecta los datos en diferente forma. Todos ellos introducen inevitablemente retardos y variaciones de retardo, en manera predecible o impredecible. En particular, el retardo introducido por la red es normalmente impredecible. Los retardos contraídos y las variaciones de retardo podrían interrumpir la sincronización intra-media, inter-media e inter-objeto. Por tanto, se requieren mecanismos de sincronización multimedia, para asegurar una apropiada representación de la presentación multimedia al cliente.

La parte esencial de cualquier mecanismo de sincronización multimedia son las especificaciones de las relaciones temporales con un multimedia y entre los multimedia. Las relaciones temporales pueden ser especificadas automáticamente o manualmente. En el caso de grabación y play back de audio y video las relaciones se especifican automáticamente por el dispositivo de grabado.

En el caso de presentaciones que componen multimedia capturada independientemente o de otra forma multimedia creada, las relaciones temporales tienen que ser especificadas manualmente (con intervención humana). La especificación manual puede ser ilustrada por el diseño de una rebanada a mostrar: el diseñador selecciona las rebanadas apropiadas, crea un objeto de audio, y define los segmentos del flujo de audio en el cual las rebanadas tienen que ser presentadas (ver figura 3.17).

Los métodos que se usan para relaciones temporales específicas incluyen especificaciones basadas en intervalos, basadas en ejes, basadas en control de flujo, y basadas en eventos. Un método usado ampliamente para multimedia continua es la especificación basada en ejes, o marcas de tiempo: en la fuente, un flujo es marcado en el tiempo para relacionar información temporal en el flujo y con respecto a otros flujos; en el destino, la aplicación presenta los flujos de acuerdo a su relación temporal.

Especificando además las relaciones temporales, es deseable que la sincronización sea soportada por cada componente en la ruta de transporte. Por ejemplo, los servidores de gran capacidad de almacenamiento de datos en los cuales la forma de recuperar es rápida y eficiente, reducen el retardo; la red provee ancho de banda suficiente y el retardo y la variación de retardo introducidos por la red son tolerables para las aplicaciones multimedia; y los sistemas operativos y aplicaciones proveen procesamiento de datos en tiempo real (recuperación, re-sincronización y despliegue). De aquí los mejores mecanismos de re-sincronización están basados en sistemas punto a punto. Estos mecanismos de sincronización pueden ser preventivos o correctivos.

- Los mecanismos preventivos son diseñados para minimizar errores de sincronización al ser transportada información del servidor al usuario. En otras palabras, los mecanismos preventivos intentan minimizar latencias y variaciones de retardo. Estos mecanismos incluyen lectura de discos, planeación de algoritmos, protocolos de transporte de redes, sistemas operativos, y planeación de sincronización. La planeación de lectura de discos es el proceso de organizar y coordinar la recuperación de datos de los dispositivos de almacenamiento. Los protocolos de transporte de redes principalmente resguardan la sincronización durante la transmisión de datos. Los sistemas operativos logran el control preciso de obligaciones de tiempo para usar EDF o planeación de razón monótona. La planeación de sincronización puede usar las especificaciones de sincronización para una presentación o para crear un plan de entrega de flujos multimedia al cliente por los servidores (planeación de entrega) y la presentación de estos flujos multimedia al usuario por la aplicación del cliente (presentación del plan). Esta planeación puede ser centralizada (totalmente asignado en el cliente) o distribuida (las funcionalidades, la planeación de entrega son compartidas entre los servidores y el cliente).

- Los mecanismos correctivos son diseñados para recuperar la sincronización al presentarse errores de sincronización. Los errores de sincronización son inevitables, puesto que el medio introduce retardos aleatorios. El retardo aleatorio destruye la continuidad del flujo multimedia produciendo intervalos y variaciones de retardo durante la transmisión de datos. Por tanto cuando ocurren errores de sincronización, se necesitan ciertas compensaciones en el receptor (mecanismos correctivos).

Un ejemplo de un mecanismo correctivo es el SSP (Protocolo de flujo de sincronización). En SSP, el concepto de un “retardo intencional” es usado por diferentes flujos para ajustar su presentación en tiempo y recuperarse de las variaciones de retardo de la red. Las operaciones del SSP se describen como sigue. En el sitio del cliente, las unidades que controlan y vigilan las conexiones de datos finales del cliente comparan los verdaderos tiempos de llegada de los datos con los predichos por el plan de presentación, y se notifica el plan de cualquier discrepancia. Estas discrepancias son compensadas entonces por el administrador (planeador), el cual retarda el despliegue de datos que están “al frente” de otros datos, permitiendo a los datos atrasados “ponerse al corriente”.

En resumen la sincronización multimedia es una de las cuestiones principales en el diseño de servicios de streaming multimedia.

### **3.7 Protocolos para streaming de video.**

Este tipo de protocolos son diseñados y estandarizados para comunicaciones entre clientes y servidores de streaming. De acuerdo a sus funcionalidades, éstos pueden clasificarse en tres categorías:

1. *Protocolo de capa de red:* El protocolo de capa de red, provee servicios de soporte básicos de red, tal como direccionamiento de red. El protocolo de IP sirve como protocolo de capa de red para streaming de video.
2. *Protocolo de transporte:* El protocolo de transporte, provee funciones de transporte de red punto a punto para aplicaciones de streaming. Estos protocolos incluyen UDP, TCP (Protocolo de Control de Transmisión), RTP (Protocolo para Tiempo Real), y RTCP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real). UDP y TCP, que son protocolos de transporte de la capa más baja, los cuales son implementados por encima de UDP/TCP.
3. *Protocolo de control de sesión:* Un protocolo de control de sesión define los mensajes y procedimientos para control y entrega de datos multimedia durante una sesión establecida. Dicho protocolo de control de sesión es RTSP (Protocolo de Streaming en Tiempo Real).

Para ilustrar la relación entre los tres tipos de protocolos, se presentan las pilas de protocolos para streaming multimedia en la figura 3.18. Como se muestra en la figura, en el sitio de envío, los datos de video y audio comprimidos son recuperados y paquetizados en la capa RTP/RTCP/RTSP, para proveer información en tiempo y sincronización. Estos flujos RTP paquetizados pasan luego a la capa de UDP/TCP y posteriormente a la capa IP.

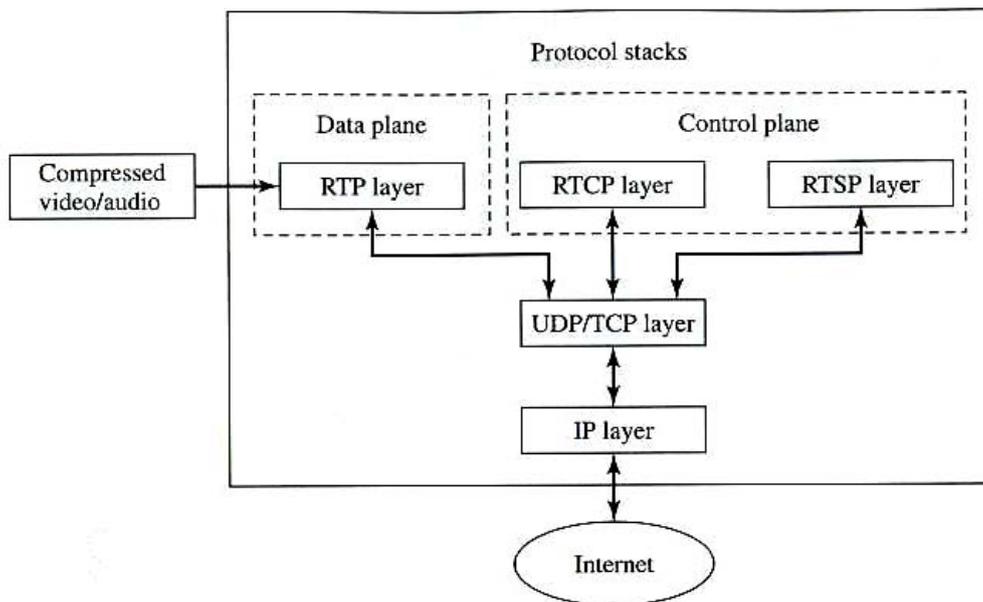


Figura 3.18 Apilamientos de protocolos para streaming multimedia.

En el lugar de recepción, los flujos multimedia son procesados en manera inversa antes de su presentación.

### 3.7.1 Protocolos.

La familia de protocolos de transporte para streaming multimedia incluye los protocolos UDP, TCP, RTP, y RTCP. UDP y TCP, los cuales proveen funciones de transporte básicas mientras, RTP y RTCP corren por encima de UDP/TCP.

Los protocolos UDP y TCP soportan funciones como multiplexación, control de error, y control de flujo. Estas funciones se describen brevemente como sigue. UDP y TCP pueden multiplexar flujos de datos de diferentes aplicaciones corriendo en la misma máquina con la misma dirección IP. Para el objetivo de control de error, TCP y más implementaciones UDP emplean check sum para detectar bits erróneos. Si se detectan uno o más bits erróneos en el paquete entrante, la capa TCP/UDP desecha el paquete para que la capa superior (RTP) no reciba el paquete corrompido. Por otro lado, en comparación a UDP, TCP usa retransmisión para recuperar paquetes perdidos.

Por tanto, TCP provee transmisión confiable, en tanto que UDP no. TCP emplea control de flujo para adaptar la razón de transmisión de acuerdo al estado de congestión de red, esta es otra característica que distingue a TCP de UDP.

Puesto que la retransmisión TCP introduce retardos que son inaceptables para aplicaciones de streaming con requerimientos de retardo rigurosos, UDP se emplea generalmente como el protocolo de transporte para flujos de video. Además, puesto que UDP no garantiza la entrega de paquetes, el receptor tiene que depender de un protocolo de capa superior (RTP) para detectar la pérdida de paquetes.

RTP es un protocolo de redes IP estándar diseñado para proveer funciones de transporte punto a punto y para soportar aplicaciones en tiempo real. RTCP es un protocolo compañero de RTP y está diseñado para proveer QoS retroalimentado a los participantes de una sesión RTP. En otras palabras, RTP es un protocolo de transferencia de datos, mientras que RTCP es un protocolo de control.

RTP no garantiza QoS (entrega de paquetes confiable); mejor dicho, provee las siguientes funciones en soporte de streaming multimedia:

- *Marcas de tiempo:* RTP provee marcas de tiempo que pueden usarse para sincronizar diferentes flujos multimedia. Nótese que el mismo RTP no es responsable por la sincronización. Esto es responsabilidad de las aplicaciones.
- *Numeración de secuencia:* Puesto que los paquetes llegan al receptor quizá fuera de secuencia (UDP no entrega paquetes en secuencia), RTP emplea numeración de secuencia para ubicar los paquetes RTP entrantes en el orden correcto. La secuencia de números también se usa para la detección de pérdida de paquetes.
- *Identificación del tipo de carga útil:* El tipo de carga útil contenida en un paquete RTP se indica a través de una cabecera RTP, campo llamado identificador del tipo de carga útil. A ciertos tipos de carga útil comunes tales como MPEG-1/2 audio y video han sido asignados números de tipos de carga útil. Para otras cargas útiles, esta asignación puede hacerse con protocolos de control de sesión.
- *Identificación de fuente:* La fuente de cada paquete RTP es identificada por una cabecera RTP, campo llamado identificador de fuente de sincronización (SSRC). El SSRC (Synchronization Source) provee un significado para que el receptor pueda distinguir diferentes fuentes.

RTCP es el protocolo de control diseñado para trabajar en conjunto con RTP. En una sesión RTP, los participantes envían periódicamente paquetes RTCP para llevar retroalimentación en calidad de entrega de datos y con respecto a información de calidad del miembro. Básicamente, RTCP provee los siguientes servicios:

- *Retroalimentación de QoS:* Esta es la función primaria de RTCP. RTCP provee retroalimentación para una aplicación a cerca de la calidad de distribución de datos. El transmisor puede ajustar su razón de transmisión basado en el reporte de retroalimentación del receptor, por ello el control de información es útil para los transmisores y receptores. Los receptores pueden determinar si una congestión es local, regional o global.  
RTCP provee QoS retroalimentado a través del uso de reportes de transmisores y receptores en la fuente y el destino, respectivamente. Estos reportes pueden contener información de la calidad de recepción, tal como (1) fracción de pérdida de paquetes RTP desde el último reporte, (2) número acumulativo de paquetes perdidos desde el comienzo de la recepción, (3) variación del retardo de paquetes, y (4) retardo desde la recepción del último reporte del transmisor.
- *Identificación del participante:* Una fuente puede ser identificada por el campo SSRC en RTP. Aunque el identificador SSRC no es conveniente para usuarios humanos. Para remediar este problema, RTCP provee un mecanismo amigable para el usuario humano, para identificación de la fuente. Específicamente, los paquetes RTCP SDES (Descripciones de seguridad del protocolo de descripción de sesión) contienen información textual llamada nombres canónicos, como únicos identificadores globales de la sesión de participantes. Ellos pueden incluir nombres de usuarios, número telefónico, dirección de correo electrónico, y alguna otra información.
- *Escalamiento del control de paquetes:* Para el escalamiento del control de transmisión de paquetes RTCP según el número de participantes, se diseñó un mecanismo de control que controla el total de paquetes con el 5% del ancho de banda total de la sesión, dentro del cual se asigna el 25% para enviar reportes y 75% para recibir reportes. Para evitar el sobre control de paquetes, en un último paquete de control se envían 5 segundos en el receptor o transmisor.
- *Sincronización intermedia:* RTCP envía reportes que contienen una indicación de tiempo real y la correspondiente marca de tiempo RTP. Esto puede usarse en sincronización intermedia.
- *Sesión de control de información mínima:* Esta es una funcionalidad opcional que puede usarse para transportar información de la sesión, como los nombres de los participantes.

### 3.7.1.1 Protocolo de control de sesión: RTSP.

RTSP es un protocolo de control de sesión para streaming multimedia sobre redes IP. Una de las funciones principales de RTSP es soportar el control de operaciones del VCR<sup>23</sup>, como detenerse, pausa/resumen, adelantar, atrasar.

---

<sup>23</sup> Grabador y reproductor de video.

En conclusión, RTSP también provee formas para cambiar la distribución de canales (UDP, multicast UDP, o TCP), y mecanismos de distribución basados sobre RTP. RTSP trabaja para multicast así como para unicast.

Otra función principal de RTSP es estabilizar y controlar flujos continuos de audio y video multimedia entre servidores multimedia y clientes. Específicamente, RTSP provee las siguientes operaciones:

- *Recuperación multimedia:* El cliente puede demandar una descripción de presentación y pedir al servidor iniciar una sesión para enviar los datos multimedia requeridos.
- *Agregar un servicio multimedia a una conferencia:* Es decir, un servicio multimedia puede ser agregado a una conferencia para play back multimedia o para grabar una presentación.
- *Agregar multimedia a una sesión existente:* Un servidor y un cliente pueden notificar cualquier otro medio adicional que tenga disponibilidad para la sesión establecida.

En RSTP, cada presentación y flujo multimedia es identificada por una URL RTSP (dirección de fuente universal). La presentación y propiedades en general de los flujos multimedia se definen en un archivo de descripción de presentación, el cual puede incluir la codificación, lenguaje, Hurís RTSP, destino de direcciones, puerto, y otros parámetros, además que puede ser obtenido por el cliente, usando HTTP, correo electrónico, u otros principios.

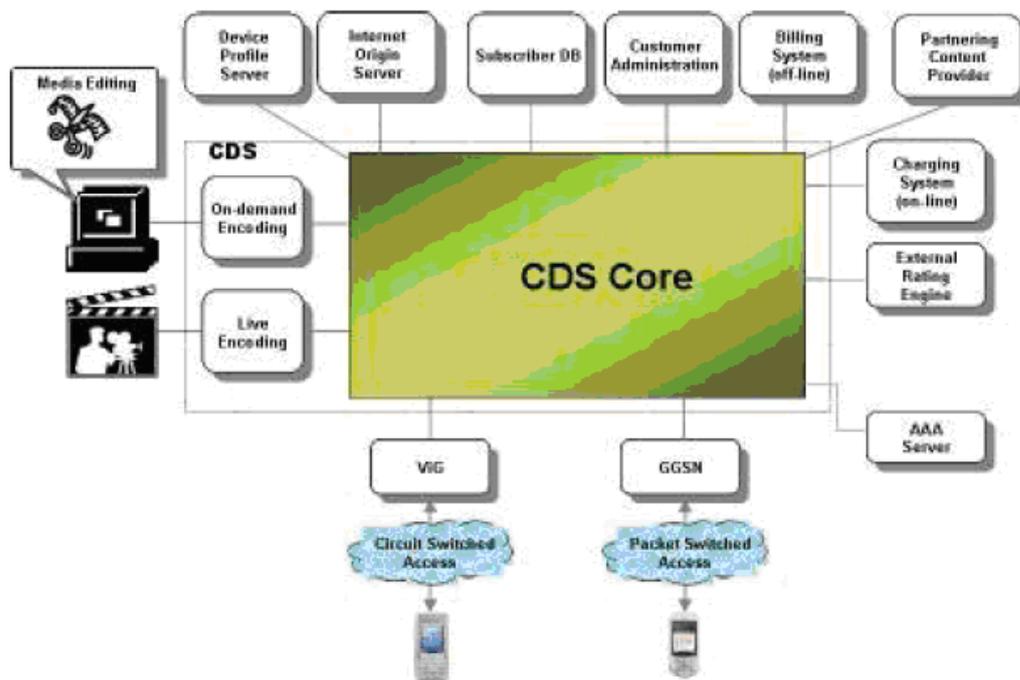
RTSP esta diseñado para iniciar y dirigir el la entrega de datos multimedia en servidores multimedia; RTP es un protocolo de transporte para streaming de datos multimedia; RTCP es un protocolo para monitorear la entrega de paquetes RTP; UDP y TCP son protocolos de transporte de la capa mas baja para paquetes RTP/RTCP/RTSP; e IP provee un principio para entrega de paquetes UDP/TCP sobre redes IP. La combinación de estos protocolos provee un servicio completo de streaming sobre redes IP.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL CDS.

### 4.1 Funciones del CDS (Content Delivery System).

La plataforma de hospedaje (host) del CDS abarca varios bloques funcionales que permiten la entrega de contenidos multimedia a través de la red telefónica. Además para los servicios de entrega multimedia terminal-terminal, el CDS interactúa con un número de nodos en la red de servicio. En la siguiente figura se muestra como el núcleo de la plataforma de hospedaje del CDS puede integrarse a la red telefónica.

Así mismo, en la figura se muestra que componentes se conectarán al sistema de hosting. Basado en los requerimientos para el hosting, cada punto de integración puede ser manejado en el núcleo de host o integrado a la red telefónica existente.



#### 4.1.1 Funciones internas.

El CDS consta de un número de componentes funcionales, de los que muchos de ellos pertenecen al núcleo del CDS. La siguiente figura ilustra una versión comercial del CDS.

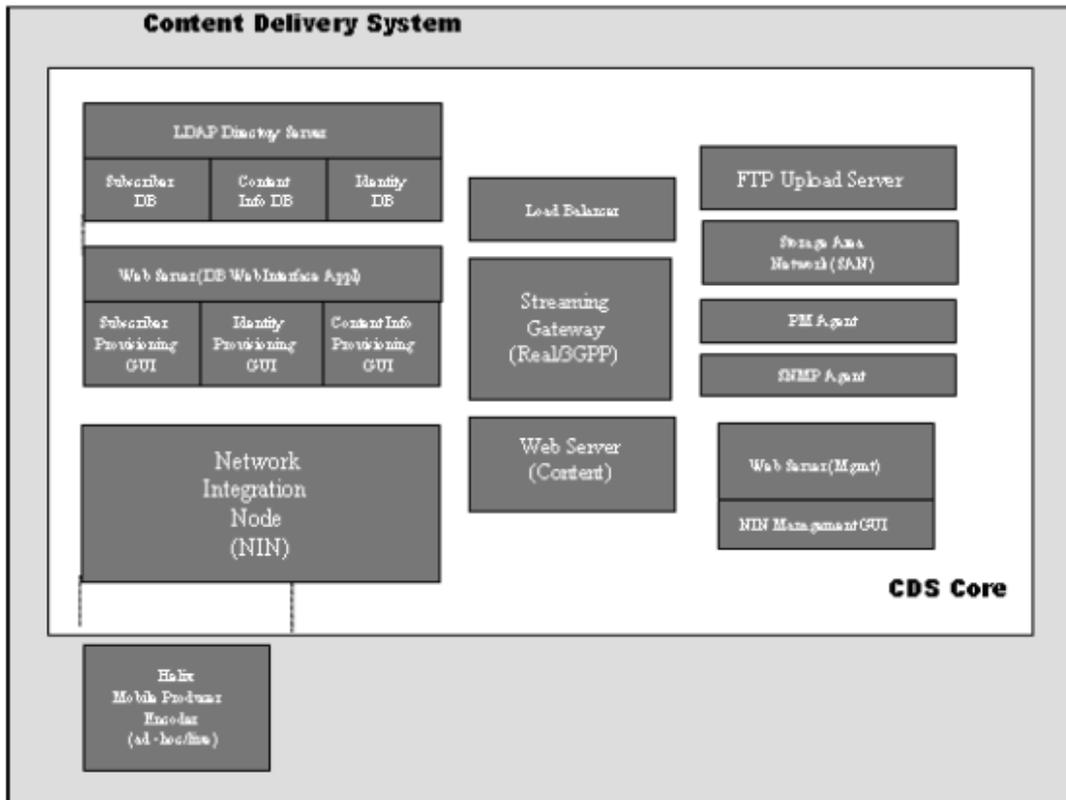


Fig. 4.2

Se debe hacer notar que ciertos componentes son necesarios, mientras que otros dependen de la configuración comercial del CDS y de las características del mismo.

Para esta solución, se deberán incluir los siguientes componentes:

1. Servidor Web
2. Nodo de integración de Red (NIN)
3. La compuerta de enlace de Streaming
4. El servidor de actualización FTP
5. Helix mobile producer plus
6. User management
7. QoS
8. Charging
9. Connectivity Components
10. Streaming Server

11. MTV Server
12. LDAP Directory Server (Servidor de directorios que utiliza el Protocolo de acceso a directorios)
13. Content Information Database
14. Subscriber Database
15. Identity Database
16. FTP Upload Server
17. Performance Management
18. Load Balancer
19. External Functions

#### **4.1.1.1 NIN (*Network Integración Node*):**

La idea básica detrás del Nodo de Integración de Red (NIN) es la de proveer un nodo que sea ideal para usarse en la tecnología de streaming. Por lo tanto, puede ser utilizada como base para la integración de servicios multimedia dentro de un ambiente de telefonía móvil, sin tener en cuenta la tecnología integrada de streaming.

Puede ser utilizado como base para integrar tecnología de streaming en el ambiente de operadores móviles. NIN es un Proxy http (Protocolo para Transferencia de Hipertexto), RSTP, RDT (Protocolo para Transferencia de Información) o RTP, y por ello tiene un módulo de protocolo Core, por tanto, NIN es responsable de la administración de sesión, de canal, control de tráfico adaptaciones de QoS. Una de las principales responsabilidades de NIN es administrar canales para el selector de canal PS (Commutación de Paquetes) y CS<sup>24</sup> (Commutación de circuitos), éste selector de canal, permite al usuario navegar a través de un grupo de contenidos multimedia, dando al usuario la misma experiencia que al manipular los canales de TV. NIN consiste de los siguientes módulos de función. Cabe mencionar que todas las interfaces de NIN cumplen con 3GPP.

- Administración de la sesión del usuario.
- Protocolo Core
- Administración de la Sesión de streaming.
- Administración de canal.
- Control de QoS.
- Charging
- Operación y Mantenimiento

---

<sup>24</sup>Se refiere a la conexión física entre circuitos eléctricos dedicados a transmitir cierta información en los que se establece un ancho de banda fijo o canal. En este tipo de redes los circuitos no puede ser utilizados para transmitir información hasta que no hallan sido desocupados.

#### **4.1.1.2 Administración de usuario.**

La administración de usuario en la NIN esta hecha en el mismo sentido tanto para usuarios registrados como para usuarios no registrados. La NIN es responsable del Single Sign-On (SSO, autenticación de cada usuario) de cada terminal de usuario, antes que se entregue el contenido multimedia. NIN crea una sesión de usuario que permanece durante el servicio multimedia y además maneja el perfil válido de datos de usuario para la sesión en curso. Para un usuario registrado, el perfil de usuario es personal, aunque partes de este pueden estar preestablecidas. Para usuarios no registrados el perfil de usuario es común a todo un grupo de usuarios. Un usuario no registrado puede ser miembro de varios grupos en cada grupo puede tener una prioridad secundaria en la selección del perfil. Para simplificar la provisión del suscriptor para el operador, los usuarios no registrados pueden usar un perfil de datos de usuario ya determinado.

Como se ha dicho, antes del inicio del servicio, SSO es ejecutado durante este proceso. El SSO puede ser ejecutado hasta en tres fases dependiendo la opción que se elija. SSO fase uno (obligatoria) es la identificación de usuario a través del método de autenticación RADIUS (Protocolo de autenticación y autorización). La identificación implica el mapeo desde de la dirección IP recibida hasta la correspondiente MSISDN (Número que identifica una suscripción en una red móvil GSM). Fase dos (opcional) es la autorización del servicio, significa la autorización que le permite al usuario el uso del CDS. La fase tres final (opcional) consiste en la autorización URI (Identificador Uniforme de Recurso) para comprobar que el usuario pueda tener acceso al contenido solicitado.

Dependiendo de la opción seleccionada, La NIN interactúa con las diferentes entidades cuando se ejecuta SSO. La fase uno se realiza con un Servidor1 AAA externo (RADIUS o LDAP) para un CDS comercial, con una base de datos local (LDAP) para pruebas. Si se ejecuta por completo la fase dos esto se hace con un servidor5 AAA externo (RADIUS) y es usado sólo comercialmente. La fase tres, si se usa, puede hacerse con un servidor5 AAA externo (RADUIS) o una base de datos local (LDAP). Esta base de datos puede ser parte o ser externa al núcleo del CDS. Sin embargo el sistema de prueba siempre usa con la fase uno.

Cuando el usuario ha sido reconocido, la NIN extrae los datos de usuario de la sesión de usuario establecida desde una base de datos (LDAP). Esta información a una tasa máxima de transferencia, carga características e información de suscripción.

Para el sistema de prueba, los usuarios autenticados como los usuarios no registrados y un perfil común es usado para manejar el acceso a usuarios.

## **QoS.**

La NIN soporta diferentes funciones de QoS. Los servicios diferenciados (Diffserv), especificados en el nivel de protocolo de Internet (IP), está soportado por un sistema operativo (OS). En cuanto a las consideraciones de uso de ancho de banda, la NIN verifica que el usuario no esté utilizando mayor ancho de banda que el suscrito, de manera que no se exceda la capacidad máxima de la NIN.

### **4.1.1.3 Charging.**

La NIN ofrece dos modos de cobro, uno en línea y otro fuera de línea. El modo de cobro en línea está especialmente dirigido a suscriptores que pagan el servicio por adelantado.

El cobro en línea implica la revisión del crédito de la cuenta del usuario. Esto se realiza a través de la interacción e tiempo real de la NIN con un sistema de cobro en línea. La interface en línea está implementada como un conector JAVA y puede ser fácilmente reemplazado por cualquier protocolo. Actualmente el conector implementa el Diameter Based y el protocolo de Aplicación de Control de Crédito (CCA). EL Charging Detail Record (CDR) puede ser generado fuera de línea junto con el sistema de cobro en línea.

Para la instalación comercial del CDS, la NIN debe ser integrada al PPS (Sistema de Prepago). Para el sistema de prueba del CDS, no se considera el sistema de prepago.

La cobro fuera de línea es un archivo de carga en forma de un CDRs. Existen 2 tipos de CDR: Presentation CDR and streaming CDR. El CDS genera CDRs, esto permite al operador explorar diferentes modelos de negocio. Los archivos de almacenamiento del CDR son transferidos al sistema de facturación o cobro vía FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos).

Como se puede ver, las funciones típicas que la compañía telefónica ejecutará en un escenario de alojamiento es el manejo de cuentas, el post-procesamiento CDR y la estimación centralizada, además la opción de estimación interna, puede ser delegada a una entidad externa como un SDP (Sistema de Servicios de Cobro).

### **4.1.1.4 Componentes de conectividad:**

La forma en que se conecta el NIN para interactuar con los componentes y elementos externos, es a través de conectores JAVA. Estos conectores facilitan el reemplazo de interfaces cuando surge la necesidad de hacerlo, estos conectores son los siguientes:

- Conector de administrador de usuarios (LDAP)
- Conector de autorización (LDAP, RADIUS)
- Conector de autenticación (LDAP)
- Conector de información de contenidos (LDAP)
- Conector de cobro On-Line (Diameter)
- Conector de Navegación (XML)

Entre parentesis se indicaron los protocolos que están actualmente implementados para cada conector.

#### **4.1.1.5 Funciones Externas:**

Para proveer servicios multimedia punto a punto, el CDS Core interactúa con un número de componentes de funciones externas.

Particularmente el NIN interactúa con un número de componentes externos para proveer la totalidad de características y servicios que soporta.

##### **4.1.1.5.1 Sistema Administrador de Contenidos**

Sistema que ingresa al CDS mediante una interfaz externa, que administra la modificación, distribución y borrado de contenidos, esto permite al operador generar notificaciones a los usuarios finales, supervisar el tiempo de vida o uso de los contenidos, etc.

##### **4.1.1.5.2 Editor de Medios**

La mayoría de los proveedores de contenido crea sus propios contenidos para ser después distribuidos inalámbricamente, para ello utilizan las más de 250 herramientas de creación de contenidos (editores de medios) disponibles hoy en día, como Final Cut Pro, Adobe Premier y Live Stage Pro que ofrece Apple, o Quick Time Pro que incluye 3GPP como una alternativa. Estas herramientas son capaces de codificar contenido MPEG4 u otros contenidos compatibles con 3GPP.

##### **4.1.1.5.3 Nodo de soporte de enlace con GPRS**

Es la interfaz entre la red de datos inalámbrica y otras redes como Internet o redes inalámbricas. En el GGSN se define al NIN como APN (Acces Point Name).

##### **4.1.1.5.4 LDAP Directory Server**

Las bases de datos del CDS se almacenan en un servidor local DS (Directory Server), mismo que soporta los esquemas de bases de datos LDAP a través de los cuáles se accede al DS.

#### **4.1.1.5.5 Servidor de perfiles de dispositivos**

El perfil del dispositivo móvil se envía al NIN junto con el requerimiento de servicio multimedia y el NIN los envía a la aplicación (servidor web o servidor de streaming). En el Standard 3GPP se denota al perfil del dispositivo como UAProf, cuando éste es recibido, el servidor web o de streaming solicitará información del perfil del dispositivo de un Servidor externo de perfiles de dispositivos en Internet. Esta información es esencial para la correcta transmisión de contenido para cada servicio solicitado por el móvil.

#### **4.1.1.5.6 Sistema de cobro fuera de línea**

El CDS genera los CDRs y es capaz de enviarlos a un sistema de cobro fuera de línea para ser post-procesados o viceversa. El protocolo que se utiliza es el FTP.

#### **4.1.1.5.7 Sistema de cobro en línea**

El CDS puede proveer también una interfaz en tiempo real hacia la plataforma de prepago. Esto es para controlar las cuentas de los usuarios y la atención del servicio solicitado. La interfaz en línea usa un conector basado en Java que se puede adaptar a la interfaz de prepago. Como una alternativa, el CDS provee una interfaz basada en el protocolo CCA de Diameter.

#### **4.1.1.5.8 Sistema de administración de clientes**

El operador puede conectar un Sistema de Administración de Clientes al CDS para provisionar a los suscriptores. Este sistema puede acceder a la base de datos de los suscriptores a través de la interfaz LDAP.

#### **4.1.1.6 Servidor Web**

Es responsable de proveer contenido estático como páginas Web, presentaciones SMIL (Lenguaje de Integración Multimedia Sincronizada), clips multimedia e imágenes.

Provee la funcionalidad y seguridad necesaria para construir, administrar, y mantener un sitio Web y permitir a los clientes proveer una alta calidad constante del servicio para sus usuarios finales.

#### **4.1.1.7 Servidor de streaming**

Provee servicios como **playback (reproducción)** de un contenido de audio, vista de un contenido de video, despliegue de imágenes fijas y texto. Los servicios pueden ser presentado separadamente o todos al mismo tiempo, y están disponibles a cualquier hora y a una cantidad variada de veces.

#### **4.1.1.8 Gateway de streaming**

El Helix Universal Gateway Mobile es un servidor/Proxy-cache<sup>25</sup> multimedia para streaming administra el contenido multimedia en la red del operador. Este permite al operador integrar contenido de Internet y retransmitirlo como requerimiento por los usuarios con alta calidad y latencia reducida. El Helix Universal Gateway Mobile consiste de dos subsistemas: 1) Helix Universal Servidor y 2) Helix Universal Proxy. El Proxy tiene la capacidad para de memoria cache, contenido multimedia y por tanto ordena los tiempos de respuesta para los usuarios finales y disminuye la carga en la red. La condición es que el contenido que esta comenzando a ser cargado sea enviado desde un Helix Universal Server.

#### **4.1.1.9 Servidores MTV**

Proveen servicios para playback de live streaming para selector de canal PS y CS y provee streaming de 3GPP basado únicamente en live media content (Contenido Multimedia). Para el caso de clips bajo demanda para selector de canal PS y CS, se requiere el *servidor de streaming*.

Este en conjunto con NIN, provee a las terminales de usuario una experiencia como cuando se navega a través de contenidos multimedia en la TV por medio de una característica de selector de canal PS y CS.

Es importante mencionar que aunque MTV mejora la experiencia del usuario e incrementa la capacidad del sistema, no es obligatorio para el selector de canal PS y CS.

#### **4.1.1.10 Base de Datos con información de contenidos (CIDB)**

El servidor de directorios LDAP se usa como un host para un número definido de Bases de Datos, una de ellas es la CIDB (Base de Datos con Información de contenidos), cuya función es almacenar y administrar la información de contenidos que es utilizada para cobrar el servicio de streaming. CIDB almacena los parámetros relacionados con el usuario y la sesión del mismo. Para charging on-line y off-line (CDR) se requiere un acceso a CIDB.

El operador puede permitirles a proveedores externos acceder al CIDB, y ellos puedan mantener información (categorías) para sus contenidos. Usualmente esto requiere de un acuerdo y cada proveedor solo puede acceder a su contenido.

---

<sup>25</sup> Esta clase de servidor agiliza la velocidad de búsqueda en la WEB, ya que al recibir una petición de un cliente, primero busca la URL en su base de datos (caché local) y si la encuentra devuelve el documento inmediatamente.

#### 4.1.1.11 Base de datos de suscriptores

La base de datos de suscriptores consiste de dos bases de datos lógicas, la base de datos de Usuarios y la de autorización. La base de datos de usuarios contiene información de los suscriptores, tal como, MSISCD, QoS suscrita (razones de bits máximas) y perfil de charging (prepago/postpago), la base de datos de autorización, almacena información de autorización URI, como forma de seguridad con el uso de listas blanca/negra, que son usadas para decidir si un usuario puede acceder a un contenido o no. La información en las dos bases de datos lógicas conforma los perfiles de usuario, el perfil puede ser personal o común para un grupo de usuarios no registrados, para este último, se le pueden definir perfiles por default que sean solo una parte de perfiles completos.

#### 4.1.1.12 Base de datos Identidad

Cuando no se encuentra en la base de datos de suscriptores un MSISDN específico, durante el establecimiento de una sesión, y esta activada la característica de usuario no registrado, el MSISDN es mapeado a un grupo identidad, con el fin de poder proporcionar un servicio requerido.

#### 4.1.1.13 Servidor de carga FTP

Provee carga de contenido al servidor donde están reservados directorios individuales de carga para los contenidos de los diferentes proveedores del operador. Esta funcionalidad permite una preparación dinámica de contenido especial.

#### 4.1.1.14 Balanceadores de carga

El sistema CDS está diseñado tal que están distribuidos procesos específicos en diferentes módulos de hardware. Por tanto, componentes funcionales como NIN, Web Server, etc. están distribuidos entre diferentes servidores. Sin embargo, para la configuración **SA – small configuration (Configuración compacta)**, se usa una solución de tres cajas donde algunos componentes funcionales están ubicados físicamente en un servidor, en donde con varios CPUs se está implementado un multiprocesamiento simétrico.

Para las configuraciones **SA-Large (Configuración Ampliada)** y **HA-Large (Configuración Alto Desempeño)**, los balanceadores de redes F5<sup>26</sup> se usan para la distribución de la carga y eliminación de puntos de falla. Para estas configuraciones, es posible incrementar el número de servidores Sun tanto como la capacidad de tráfico incremente. La capacidad alcanza hasta 10000 CUS (Sesiones de Usuario Concurrentes)<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> Líder en el mercado de las redes de cómputo.

<sup>27</sup> Se refiere al número de sesiones de usuario de forma simultánea que se demandan al sistema.

## 5. Alcance, funcionalidades y descripción de la solución.

### 5.1 Alcance de la solución.

La solución incluye la configuración de los siguientes servicios:

- 1) *Canales comerciales de TV*
- 2) *Video bajo demanda*
- 3) *Video de cámaras fijas*

Las cuales son soportadas de las siguientes formas: Descarga HTTP, Descarga WAP<sup>28</sup>, Descarga Java y Descarga OMA<sup>29</sup> v.1.

Descarga HTTP: Hoy en día los objetos multimedia low-value se descargan con el estándar Protocolo Web, HTTP [RFC2616], o WAP binario WSP<sup>30</sup> [WAP230]. Este servicio básico de descarga transfiere objetos multimedia de la Web al dispositivo en una transacción de red, una solicitud GET<sup>31</sup> y una respuesta. La limitación del estándar de descarga HTTP, es que el cliente no conoce el tamaño o el tipo del contenido multimedia y debido a ello, una confirmación de bloqueo se envía al servidor después de la descarga, el servidor no puede asegurarse de la descarga a la salida.

Descarga WAP: El Gateway WAP ejecuta la traducción entre WAP/WSP y WAP/http y el uso es el mismo que el de la descarga HTTP.

Descarga JAVA: Es una descarga básica de HTTP más dos pasos adicionales: uno antes de la transferencia del contenido multimedia y otro después, éstos son:

- 1) Antes de la descarga, se descarga una descripción del objeto multimedia en un archivo pequeño llamado Java Application Descriptor (JAD), el cual contiene metadatos relacionados con el objeto multimedia e instrucciones de cómo descargar el objeto multimedia hacia el agente descargador del dispositivo. El objeto multimedia es descargado usando descarga básica HTTP.
- 2) Después de la descarga, una instalación de reporte de estatus, es enviado a un sitio Web, indicando la salida de la descarga.

Descarga OMA: Esta basada en una descarga básica HTTP y una descarga JAVA. La diferencia entre una descarga JAVA y una descarga OMA, es que ésta última no está diseñada específicamente para descargas de Java MIDlets aplicación que conforma a el estándar MIDP (Información móvil del perfil de

---

<sup>28</sup> Protocolo definido para móviles, mediante el cual tienen acceso a Internet.

<sup>29</sup> Se prevé que sea el estándar de descarga de todo tipo de contenidos.

<sup>30</sup> Protocolo para establecimiento de sesión WAP.

<sup>31</sup> Contiene la dirección URL de la página web que se solicita.

dispositivo)<sup>32</sup>, o cualquier otro tipo específico de contenido multimedia- descarga OMA es una descarga general de framework. Estas similitudes entre los dos servicios de descarga, permite el re-uso de la infraestructura del servidor y, en el dispositivo, haciendo que la descarga general de objetos multimedia no sea significativamente diferente de la descarga de un nuevo MIDlet. La consistencia es la base de una buena experiencia del usuario. La descarga OMA no lo es, sin embargo, imita exactamente la descarga MIDlet en todos los detalles técnicos. Pero tanto para los usuarios como para los proveedores de contenido de objetos multimedia, la descarga de objetos multimedia al dispositivo por descarga Java y por descarga OMA son muy similares.

La descarga OMA puede descargar cualquier tipo de objeto multimedia, mismo que es almacenado en el dispositivo para personalizar el dispositivo y mejorar sus funcionalidades. Los tipos de objetos multimedia usados para este propósito son, tonos de timbre, papel tapiz, y MIDlets Java.

Descarga estándar: Para la descarga de contenidos, el servidor Web responderá a los requerimientos HTTP GET con el contenido requerido. Cuando el contenido multimedia es descargado completamente al dispositivo, éste puede mostrar el archivo descargado. Los beneficios de este escenario son la calidad garantizada a través de la experiencia del usuario.

El **drawback (confirmación)** es el que hace que el archivo completo sea descargado, lo cual toma tiempo, por lo que además se requiere que el dispositivo final del usuario tenga suficiente capacidad de memoria para retener el archivo multimedia completo, potencialmente 1MB o más (por ejemplo un clip de 30 segundos a 32Kbits).

Descarga progresiva: Esta envuelve la codificación, el CDS CORE (servidor Web) y el reproductor multimedia. Para usarlo, la terminal debe soportar descarga progresiva. El reproductor multimedia emite comandos repetitivos HTTP GET en parte del archivo destino. Esto permite que los reproductores multimedia comiencen a reproducir el contenido multimedia antes de que el archivo sea transferido completamente. Esto beneficia la experiencia del usuario, ya que el usuario no experimenta la larga espera como con la descarga tradicional.

Descarga Resumida: Como la descarga progresiva, ésta envuelve la codificación, el CDS CORE (servidor Web) y el reproductor multimedia. Durante la creación o la codificación del contenido, se marcan banderas en el nivel de bloque que pueden ser dirigidas por el reproductor para resumir una descarga en el punto donde fue interrumpida. El servidor Web soporta HTTP GET de un cliente que está iniciando desde cualquier punto dentro del archivo. La ventaja es que la descarga de contenido multimedia puede ser resumida después de una interrupción. La estructura de la ciudad, fuentes comunes de interrupción y otras condiciones interrumpen la descarga debido a la alta movilidad de los usuarios finales.

---

<sup>32</sup> Permite el uso de aplicaciones tales como juegos, calculadoras, etc.

## 5.2 Funcionalidades provistas

Autenticación del cliente, búsqueda de contenidos con una clave específica, exhibición del contenido previamente (soportada como parte del EPG<sup>33</sup> (Guía electrónica de programas)), TOP de descargas descarga, TOP de descarga por categorías, éstas últimas se pueden calcular con la información de los logs en el CDS.

### 5.2.1 Herramientas para la administración del contenido

El servidor de carga FTP en CDS provee carga de contenido al servidor donde la carga de directorios individuales está reservada por los diferentes proveedores de contenidos del operador. Esta funcionalidad permite preparación dinámica de contenido especial (por ejemplo, un periódico personalizado) y el depósito del mismo en el servidor. El servidor FTP está soportado por la plataforma Sun Solaris 9 y basada en RFC959. Un escenario de carga puede ser: el proveedor de contenido abre una sesión para cargar contenido en el servidor de carga con sus metadatos correspondientes (por ejemplo, tiempo de publicación) y una vez completada la carga, se termina la sesión FTP. El servidor de carga no maneja la transferencia de log files a un NMS (Sistema de Administración de la Red) ni la transferencia de CDRs al sistema Billing, esto lo hace un cliente FTP en el NIN. La razón de ello es separar la carga off-line de la carga en tiempo real en los servidores de streaming.

Una vez que se ha cargado el contenido en el servidor de carga FTP, el proveedor del contenido puede actualizar la información de la base de datos con información relacionada a la nueva carga, como velocidad, tipo de cobro (fijo o basado en tiempo), etc....Esta información será utilizada por el NIN cuando entregue el servicio al usuario.

El costo del contenido depende de su ubicación en el árbol de costos de contenidos.

---

<sup>33</sup> Guía electrónica de programas en donde se encuentran organizados de manera sencilla los contenidos o canales del proveedor del servicio.

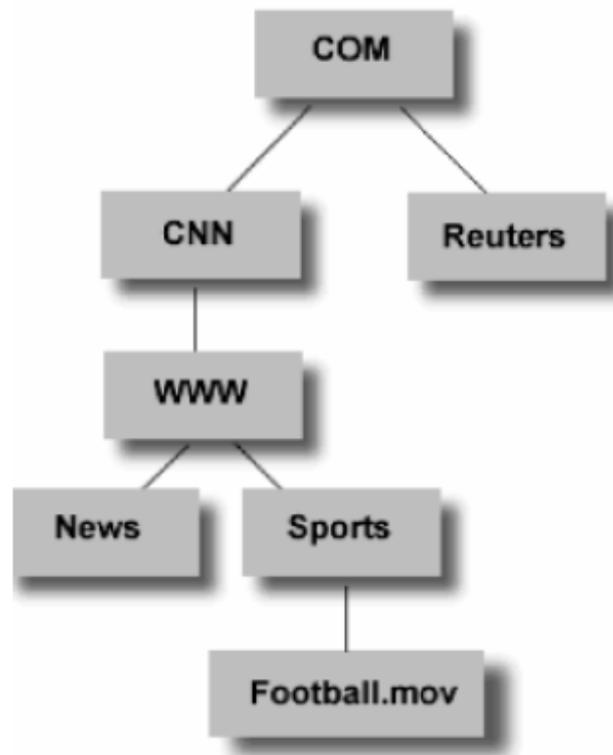


Fig. 5.1

Después de la carga, el operador puede publicar el nuevo contenido disponible en su sitio WAP.

### **5.2.2 Herramientas para la administración del proveedor de contenido.**

Creación de Dominios de Entradas para el proveedor de contenido: Cada usuario proveedor de contenido puede tener una o más dominios de entrada raíz y es bajo estos que el proveedor de contenido administra su árbol de rutas en la aplicación de provisionamiento. Cada dominio raíz podrá definir los usuarios que pueden acceder a este particular dominio raíz y sus sub entradas.

*Herramientas, funcionalidades y habilidades para la administración del perfil del suscriptor:*

Para el provisionamiento del suscriptor, el CDS Core identifica, autoriza y monitorea los usuarios antes de proveerles servicios. Para hacer esto, el NIN accesa un servidor directorio LDAP que almacena una base de datos de los suscriptores que contiene los usuarios y la información de autorización. Esta base de datos puede residir en un CDS Core integrado.

Para manejar el provisionamiento de los suscriptores, hay dos tipos de interfaces disponibles, una es una interfaz LDAP que permite el provisionamiento directamente hacia el servidor directorio LDAP, la otra es una Web GUI (Interfaz gráfica implementada en la Web para el usuario) que viene con el Servidor directorio Sun, la herramienta para este interfaz es la Consola iPlanet.

Uso de estadísticas: Número de usuarios totales por día, número de paquetes enviados (por suscriptor), número de paquetes recibidos (por suscriptor), número de paquetes perdidos por sesión, causas de error de conexión por usuario, causas de pérdida de conexión, número de accesos a los contenidos, número de intentos de acceso a los contenidos, número de accesos a los contenidos por QoS, Acceso promedio por usuario y por día, modelo de la terminal utilizada por el usuario, contenido requerido por usuario, cantidad total de tráfico por un periodo de tiempo específico, lista de contenidos por MSISDN.

### **5.2.3 Interfaces de contenido.**

El Selector de canal PS (aplicación Java y Mobile TV/Clientes de videostreaming) permite al usuario usar sus terminales móviles con el estándar reproductor de streaming RTSP<sup>34</sup> (3GPP PSS<sup>35</sup>) para navegar a través de un grupo de contenidos de streaming, esto provee a los usuarios móviles la misma experiencia que manipular los canales de TV. El selector de canal PS soporta live streaming y video clips bajo demanda.

El CDS implementará un menú de contenidos (en una estructura jerárquica de árbol) y el cliente desplegará una lista de contenidos o íconos de contenidos en la pantalla, el usuario navegará fácilmente a través de éstas y escogerá un contenido específico para reproducirlo. Esta característica se implementará a través de mejoras en la comunicación entre el NIN y los servidores de streaming.

Durante la reproducción de un stream, el usuario podrá moverse en la lista de contenidos y podrá cambiar a otro contenido disponible en cualquier momento. El control de la señalización entre una sesión de streaming es realizada a través de los botones del teléfono mediante comandos para pausa, adelantar, regresar y resumen. Para tomar ventaja de la característica del selector de canal PS, debe estar disponible en el cliente móvil una aplicación de cliente móvil dedicada, lo cual requiere que el cliente móvil soporte JSR 135 API.

### **5.2.4 Billing y Charging.**

CDS soporta a través del NIN dos opciones de charging, on line y offline:

---

<sup>34</sup> Establece y controla flujos de datos ya sean de audio o video.

<sup>35</sup> Estándar para transmisión de contenidos en redes 3G.

- On Line Charging (Prepago): Este interactúa en tiempo real para controlar las cuentas de los usuarios en conjunto con la entrega del servicio solicitado. Para ello se utiliza un framework conector Java.
- Off Line Charging (Pospago): El NIN ofrece un archivo configurable y estandarizado de charging que genera periódicamente CDRs (Charging Data Records), los cuales se pueden utilizar como entradas a los sistemas de billing de los operadores para que posteriormente el NIN mediante una configuración, envíe periódicamente los CDRs a un sistema de billing.

### 5.2.5 Formatos de streaming.

3GPP R6 (estándar de contenidos multimedia mas reciente), Real Player<sup>36</sup>, TPEG<sup>37</sup> y variantes, así como las partes que ofrecen RealNetworks y Apple, dando a los operadores soporte para aquellas terminales RealOne y que soportan contenidos RealMedia, así como para soportar terminales QuickTime, respectivamente. Es decir se hace uso de todos los protocolos definidos por 3GPP basados en IP.

### 5.3 Descripción de la solución.

La solución esta basada en una plataforma **hosted (anfitrión)**, dicha plataforma está constituida por los elementos mencionados en el capítulo anterior como se muestra en la figura 5.4.

El acceso a la plataforma CDS se realizará a través de una conexión IP dedicada desde la red 3G hasta dicha plataforma. El ancho de banda esta determinado por la cantidad de usuarios simultáneos que accederán al sistema.

Por seguridad entre las dos redes, el firewall de la red IP 3G se configurará para inspección completa y solo permitirá los protocolos RTSP, RTP, y SDP.

Así también deberá instalarse el software (Helix Mobile Producer), que codificará los canales del proveedor de contenidos para su distribución inalámbrica.

Para asegurar el buen manejo y administración de la plataforma CDS, se utilizarán cámaras de vigilancia que mostrarán el **Hosting Center (centro administrador de servicios)**.

---

<sup>36</sup> Desarrollado por RealNetworks.

<sup>37</sup> Desarrollado por Transport Protocol Experts Group.

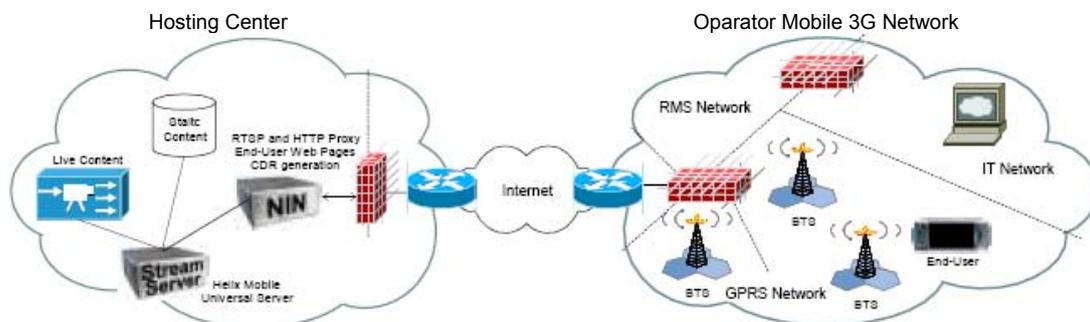


Figura 5.4

### 5.3.1 Arquitectura lógica de la solución

El CDS comprende un número de componentes funcionales, de los cuales, muchos de ellos pertenecen al CDS Core. La figura incluida a continuación ilustra dichos componentes funcionales.

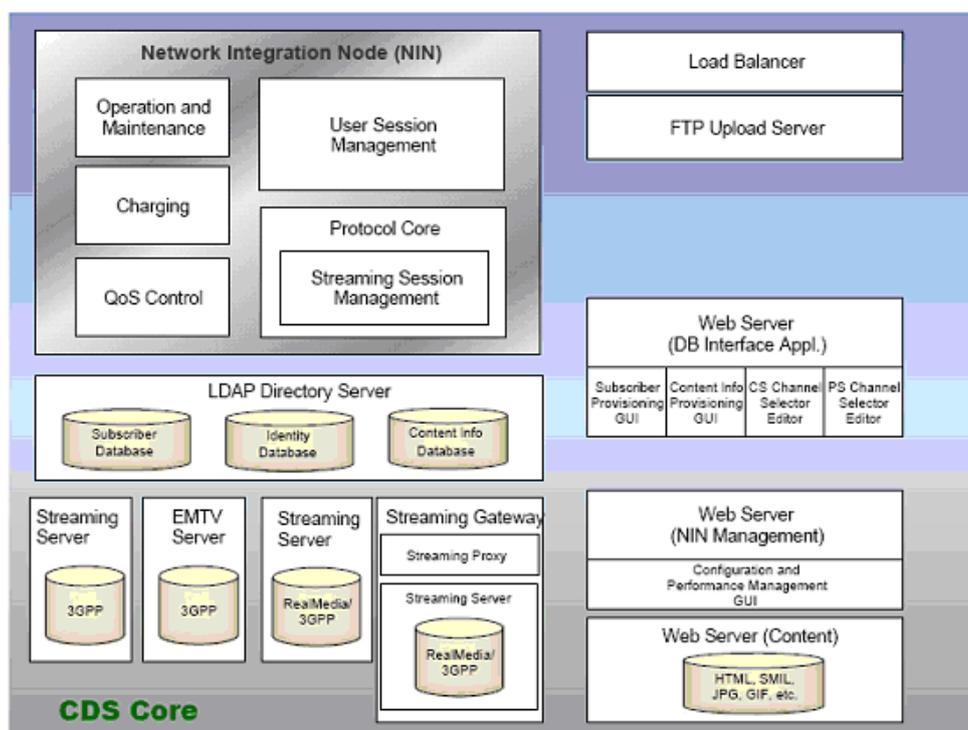


Fig. 5.5

### 5.3.2 Capacidad del sistema.

La capacidad del sistema no esta basada en el número de suscriptores, sino en el número de sesiones concurrentes download/streaming, por lo que no hay un límite máximo de suscriptores, pues se encuentra limitada por el NIN, mismo que es capaz de mantener 250 streams simultáneas.

### 5.3.3 Requisitos para el dimensionamiento.

- 1) Definición de usuarios activos.

La siguiente tabla muestra las aproximaciones publicadas por los operadores, y para efectos de calcular el dimensionamiento se tomará la cifra que corresponda al valor más crítico, es decir, la solución propuesta debe soportar el peor de los casos (mayor número de usuarios activos) para el año 2007.

Operador	Active Users			
	2006	2007	2008	2009
México - Telcel	290,225	599,760	1,374,975	3,292,800
Colombia - Comcel	105,507	527,533	1,186,948	2,901,429
Brasil - Claro	7,375	34,688	89,066	NA
Nicaragua - Enitel	2,000	8,000	21,000	42,000
Honduras - Sercom	5,000	7,000	12,000	25,000
El Salvador - Personal	2,000	4,000	8,000	15,000
Guatemala - Telgua	2,000	5,000	12,000	20,000
Ecuador - Porta	1,911	6,569	18,064	37,934
Peru - Claro	20,000	60,000	120,000	200,000
Chile - Smartcom	1,000	15,750	40,000	78,000
Argentina - CTI	10,088	17,421	63,610	271,722
Uruguay - CTI	328	1,036	4,368	20,441
Paraguay - CTI	470	1,306	5,747	30,105

Tabla 7.

- 2) Porcentaje de usuarios empleando 3GPP
- 3) Porcentaje de usuarios utilizando VoD<sup>38</sup>
- 4) Cantidad de accesos al servicio por mes por caso de uso
- 5) Promedio de utilización del servicio (descargas o minutos por evento o por mes) por cada caso de uso.
- 6) Ancho de banda utilizado para streaming (kbps.)
- 7) Tamaño promedio de elemento de contenido a descargar.

**Valores empleados para dimensionar:**

- Hora pico - 15%
- Duración de sesión – 180 s (3 min).
- Intensidad de uso – 10/30 (10 sesiones por mes)
- La mayoría de tráfico es de streaming (>90%), sin definir claramente el caso de uso.
- 80% de contenido es 3GPP/ 20% Real Media
- 64 kbps. de ancho de banda
- Diseño para 40 canales en vivo (en el sistema, aunque los encoders suministrados soporten menos).
- 600,000 usuarios activos

*Cálculo:*

De acuerdo a los supuestos anteriores, la fórmula es:

$$\text{Cesiones concurrentes} = (A * B * C * D) / 3600$$

---

<sup>38</sup> Video bajo demanda permite disponer de archivos de vídeo previa petición del mismo ya sea de forma gratuita o no.

Dónde:

A: Num. De usuarios

B: Hora pico

C: Intensidad de uso

D: Duración de sesión

$$\text{Cesiones concurrentes} = (600000 * 15\% * 10/30 * 180) / 3600$$

$$\text{Cesiones concurrentes} = (600000 * 0.15 * 60) / 3600$$

$$\text{Cesiones concurrentes} = 1500$$

Por lo que se asume entonces un dimensionamiento de 1500 sesiones simultáneas con bitrate promedio de 64 Kbps, esto significa que se utilizará un enlace dedicado de 96 Mbps entre la Red IP 3G y el Hosting Server.

Respecto a la máxima capacidad de almacenamiento multimedia del sistema, éste se propone con un almacenamiento small, ya que puede ser expandido posteriormente de acuerdo a las necesidades del operador.

#### 5.3.4 Puntos de Integración

El único punto de integración que se tendrá será a la Red IP, a través del punto de acceso a Internet APN<sup>39</sup> desde el nodo GGSN (Nodo de Soporte del Gateway GPRS) a la plataforma CDS.

Integración requerida	Interface/ Protocolo
Integración al GGSN	IP (RTP, RTCP, RTSP, RDT, HTTP)
Integración a la plataforma de prepago	Diameter
Integración a postpago	FTP
Integración a Provisionamiento	LDAP
Integración a proveedores de contenido	FTP (solo CDS)

Tabla 8.

---

<sup>39</sup> Access Point Name, nombre de punto de acceso para GPRS que se configura en el móvil para tener acceso a Internet.

### 5.3.4.1 Billing & Charging.

Para lograr servicios de streaming exitosos, el modelo de precio debe ser fácil y sencillo para los usuarios finales, de lo contrario crea actitudes negativas entre los usuarios, por lo que los mecanismos de charging deben ser flexibles y versátiles. Los servicios de streaming comprenden tres tipos de charging: cobro del contenido, cobro del servicio y portador del cobro.

La integración del Sistema de Charging será a través del protocolo Diameter, la figura 5.2 muestra la arquitectura del sistema de Charging.

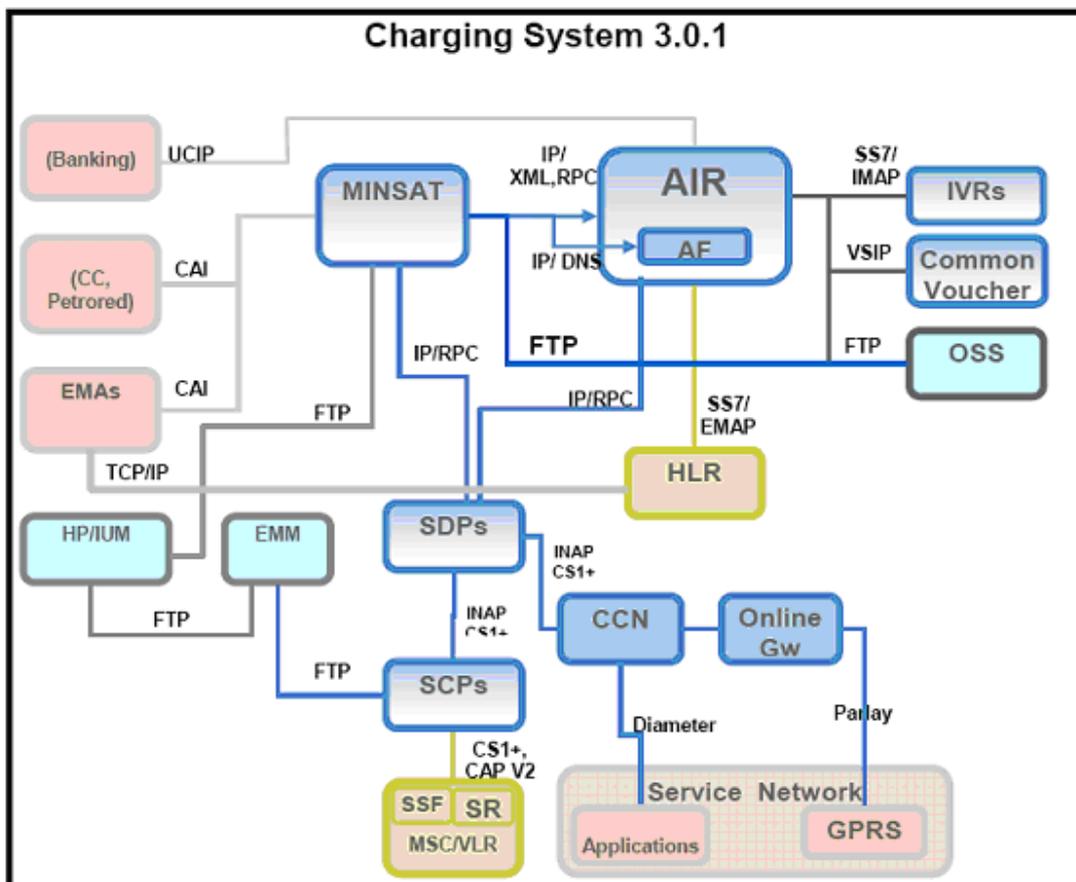


Figura 5.2

En este caso la integración será con el nodo CCN (Nodo de Control de Facturación) y la facturación se realizará a través del nodo SDP.

El CCN actúa como una función de enlace entre los usuarios de los servicios (por ejemplo MMC<sup>40</sup> (Centro de Mensajes Multimedia), OGW<sup>41</sup> (Gateway en línea), etc.) y el SDP.

El sistema de facturación en el SDP conforma la base de datos de los suscriptores y la información de sus cuentas, ejecuta el análisis de facturación de las llamadas de prepago basándose en los CDSRs entrantes.

El SDP toma información del CCN para aplicar la tasa de cobro (tarifa) correspondiente y así hacer el cargo directo al balance.

La figura 5.3 muestra la integración:

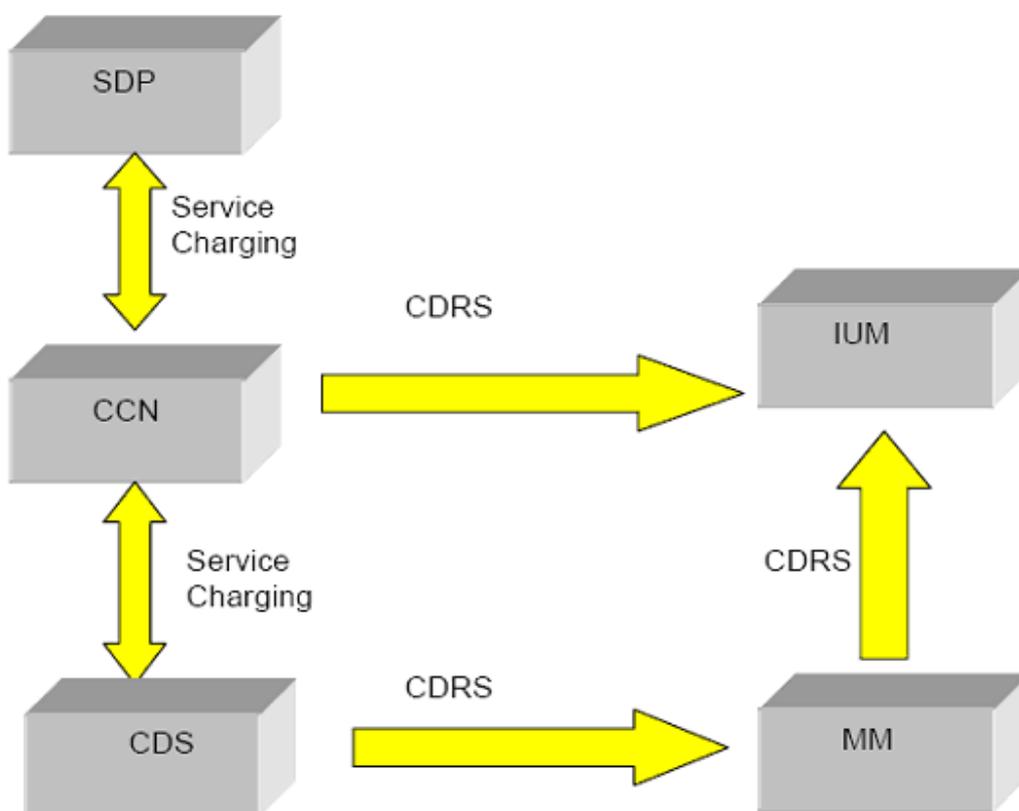


Figura 5.3

El CDS proveerá los CDRs y se integrará con IUM<sup>42</sup> (Administrador de usuarios de internet) para administrar los reportes financieros.

<sup>40</sup> Multimedia Messaging Center

<sup>41</sup> On-line GateWay.

<sup>42</sup> Internet User Manager.

#### **5.3.4.2 Estrategias de Facturación.**

Basado en el modelo de negocios y el servicio que planea ofrecer el operador, se puede elegir el esquema de charging como una combinación de los tres tipos de charging, como:

Basado en el contenido y en el evento: El cobro se basa en el valor actual del Contenido, (detalles del contenido y eventos como pausa, adelanto, atraso, etc.)

Basado en el tiempo: Duración del streaming.

Basado en cantidad: Se cuantifica el streaming en el downlink, esto se puede realizar en el GGSN, quien se encarga de contar cada paquete, incluyendo cualquier retransmisión a través de un encabezado IP que refleja el transporte de datos sobre la red de radio y la red CORE.

Cobro mensual del servicio: Regularmente un servicio o un contenido específico al que el usuario se ha suscrito.

Cobro contrario (publicidad): Como ejemplo, un proveedor de contenidos, envía información de publicidad a un usuario, y el cobro se le carga al proveedor del contenido, quien también puede escoger la forma en que pagará el servicio.

*Postpago:*

El CDS tiene la funcionalidad de entregar un archivo de charging estandarizado y configurable que puede ser utilizado como entrada al proceso de facturación del operador. Esta función reside en el NIN y mediante la generación de CDR's que almacena en archivos, hay dos tipos de archivos definidos, ASN.1 BER y ASCII, en donde solo uno de ellos puede estar activo a la vez (esto es configurable), los archivos ASCII pueden ser interpretados por el humano y los ASN.1 BER no.

La generación de los CDRs puede ser disparada por un timer periódico en el NIN o a través de un protocolo, la función de charging compila la información de los CDRs , quienes son transferidos opcionalmente a un sistema de facturación externo off-line para ser post-procesados, debido a aspectos de seguridad se utiliza una red IP dedicada para hacer la transferencia, dicha transferencia se puede configurar, o el sistema de facturación toma la iniciativa para tirar los CDRs o el NIN los envía al sistema de facturación de manera periódica. La transferencia de los CDRs se realiza por FTP, en un directorio dedicado.

#### **5.3.4.3 Prepago y charging en tiempo real.**

El NIN interactúa en tiempo real con un sistema de charging on-line para revisar cuentas de débito de usuarios. Esto ocurre antes, durante y después de que el servicio es entregado, esta función es opcional y configurable en el NIN.

#### 5.3.4.4 Provisionamiento de usuarios.

El perfil de streaming para usuarios móviles se debe configurar en el CDS, existen dos interfaces disponibles para ello, una es una interfaz LDAP, que permite el aprovisionamiento directamente hacia el Servidor de directorio LDAP, el uso de archivos LDIF (Formato de Intercambio de información LDAP) permite la mayor parte del aprovisionamiento, y la otra es una GUI que viene con el servidor de directorio. La herramienta para esta interfaz es la consola iPlanet.

#### 5.4 Componentes de software.

Componente de Sw	Proveedor	Descripción
Network Integration Node (NIN)	Ericsson	Proxy (módulo) para navegación en contenidos, descarga y streaminf. Maneja múltiples funciones como SSO <sup>43</sup> (Single Sing-On), Charging, QoS, etc.
Web Server (contenido)	Sun	Provee contenido estático como páginas SMIL, imágenes, etc. Además provee una interfaz web para la administración de CORE CDS.
FTP Upload Server	Sun	Maneja la carga de contenido multimedia de proveedores externos
Helix Universal Streaming Gateway-MobileRealMedia/3GPP	Real Networks	Almacena y provee 3GPP-compatible, maneja caching de contenidos de servidores de streaming Real Networks.
Helix Mobile Producer	Real Networks	Combined on- demand (single or batch) y codificador.

Tabla 9.

Aunque las funciones básicas del CDS CORE están implementadas en el NIN, algunas funciones especiales se encuentran implementadas en los componentes de software como se puede ver en la tabla anterior.

---

<sup>43</sup> Permite a un usuario tener acceso una sola vez a múltiples aplicaciones en vez de acceder a cada aplicación de forma separada.

## 5.5 Descripción del hardware.

Componente de Hw	Nombre	Descripción
Network Integration Node (NIN)	Sun FIRE V210	Servidor Sun Fire V210 SF V210/2x1GHz+/2GB/1x73, dos procesadores 1GHz UltraSPARC-IIIi 2GB de memoria (4x512 MB DIMMs), un HDD de 73 GB, configuración estándar de 4x10/100/1000 Gbit ethernet.
Real Server con caching (Gateway)	Sun Fire V210	Servidor Sun Fire V210 SF V210/2x1GHz+/2GB/1x73, dos procesadores 1GHz UltraSPARC-IIIi 2GB de memoria (4x512 MB DIMMs), un HDD de 73 GB, configuración estándar de 4x10/100/1000 Gbit ethernet.
Web Server	Sun Fire V210	Servidor Sun Fire V210 SF V210/2x1GHz+/2GB/1x73, dos procesadores 1GHz UltraSPARC-IIIi 2GB de memoria (4x512 MB DIMMs), un HDD de 73 GB, configuración estándar de 4x10/100/1000 Gbit ethernet.
FTP Server	Sun Fire V210	Servidor Sun Fire V210 SF V210/2x1GHz+/2GB/1x73, dos procesadores 1GHz UltraSPARC-IIIi 2GB de memoria (4x512 MB DIMMs), un HDD de 73 GB, configuración estándar de 4x10/100/1000 Gbit Ethernet

Tabla 10.

## 5.6 Impactos en GGSN y SGSN.

SGSN (Nodo Soporte al Servidor GPRS): El SGSN sigue y mantiene la posición de las MSs en su área, y realiza funciones de seguridad y control de acceso.

El SGSN establece contextos PDP (Protocolo para paquetes de datos)<sup>44</sup> activos que son usados para el encaminamiento con el GGSN que el abonado este usando.

---

<sup>44</sup> Packet Data Protocol. Un contexto PDP tiene asociada una dirección que hace posible el encaminamiento de la información.

La función de registro de posición en un SGSN almacena información de suscripciones y datos de ubicación (e.g. la celda o área de encaminamiento donde la MS está registrada, o la dirección del GGSN donde exista un contexto PDP activo) de los abonados registrados en el SGSN para servicios con conmutación de paquetes. Dicha información es necesaria para llevar a cabo la transferencia entrante o saliente de datos en paquetes. El SGSN está conectado al BSC<sup>45</sup> (Controlador de la Estación Base) a través del interfaz Gb y al RNC a través del interfaz Iu-PS. El SGSN puede enviar datos de ubicación al MSC/VLR<sup>46</sup> a través del interfaz Gs opcional. El SGSN también puede interactuar con un SCF a través de un interfaz CAP

GGSN,(Nodo de Soporte al Gateway GPRS): El GGSN proporciona el interfuncionamiento con redes externas con conmutación de paquetes a las que se conecta a través del interfaz Gi, y está conectado con uno o varios SGSNs a través del interfaz Gn. La función de registro de posición en un GGSN almacena información de suscripciones y datos de encaminamiento (e.g. la dirección del SGSN donde el MS está registrado) para cada abonado que tenga al menos un contexto PDP activo. Dicha información es recibida desde el HLR<sup>47</sup> (a través del interfaz Gr) y el SGSN (a través del interfaz Gn), y es necesaria para poder establecer un túnel de tráfico de datos en paquetes, destinado a una MS, con el SGSN donde el MS está registrado. El SGSN y el GGSN contienen funcionalidad de encaminamiento IP y pueden estar interconectados por routers IP. Cuando el SGSN y el GGSN están en diferentes PLMNs<sup>48</sup> (Red móvil pública terrestre), ellos están interconectados a través del interface Gp que proporciona la funcionalidad del interfaz Gn y funcionalidad de seguridad requerida para la comunicación inter-PLMN.

En la figura 5.6 puede verse cómo se hace el routing de paquetes en redes GPRS.

Después del proceso de attach y la creación de la sesión GPRS y su PDP context, el móvil está listo para comunicarse con servidores externos. Cuando el usuario del móvil 'M' intenta ver una página del servidor Web 'W', se genera un paquete HTTP que es enviado al SGSN 'S', que encapsula el pedido original dentro de un paquete GTP y lo envía al GGSN 'G', el cual brinda servicios de conectividad Web hacia Internet.

---

<sup>45</sup> Forma parte del BSS, su función consiste básicamente en la asignación y liberación de canales de radio.

<sup>46</sup> Nodo encargado de la conmutación (MSC) y la base de datos (VLR).

<sup>47</sup> Base de datos que registra una copia del perfil de servicio del usuario

<sup>48</sup> El sistema GSM europeo se compone de un grupo de redes que opera en diferentes países de forma independiente denominadas Public Land Mobile Network.

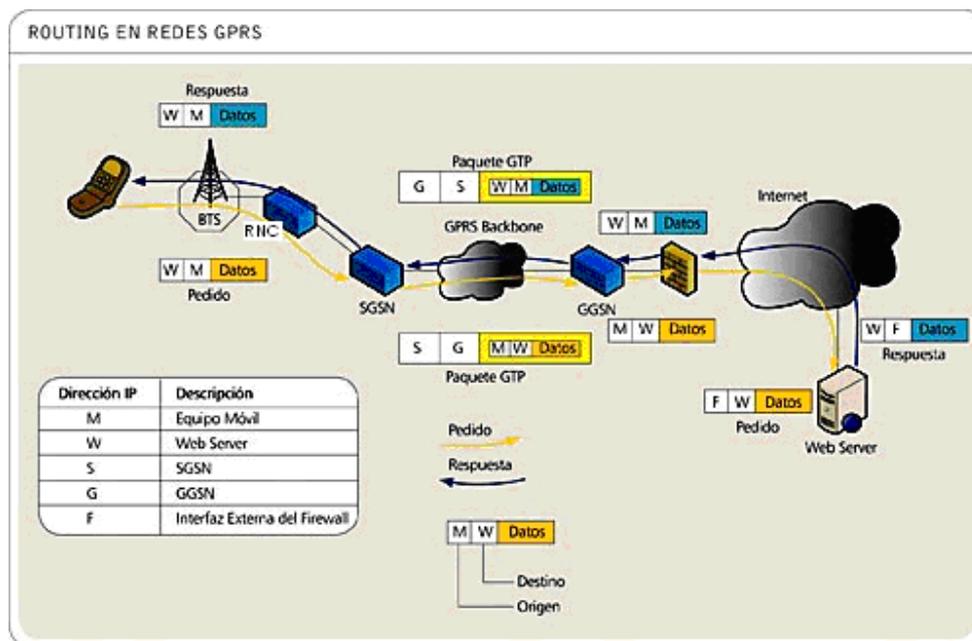


Fig. 5.6

El GGSN 'G' desempaqueta el GTP<sup>49</sup>, retira el pedido original del móvil y lo encamina hacia el firewall 'F' de salida hacia Internet. El firewall 'F' hace una traducción de direcciones y envía el paquete traducido al servidor Web 'W'. El servidor, después de procesar el pedido, forma la respuesta y la envía de vuelta a 'F' y el proceso se invierte.

En mayo del 2003 se confirmó el primer ataque de DoS contra un GGSN proveniente de un móvil. En esta instancia era posible parar el GGSN por completo, causando un reinicio de la máquina y con ello la completa disrupción de servicio a todos los suscriptores de la red que utilizaban dicho GGSN.

Otro ataque ya implementado se conoce con el nombre de overbilling o facturación excesiva. En una versión de este ataque el hacker, utilizando un móvil GPRS conectado a una operadora, genera pedidos UDP<sup>50</sup> hacia un servidor malicioso en Internet que contesta continuamente. Después, el hacker desconecta su móvil liberando la dirección IP o PDP Address que utilizó en la preparación del ataque.

Un nuevo suscriptor -la víctima- se conecta a la red GPRS y recibe la dirección IP que pertenecía al hacker. Como el servidor malicioso en Internet sigue enviando paquetes UDP hacia esta dirección, le será facturado el uso de un servicio que no

<sup>49</sup> GPRS tunneling Protocol, es un protocolo basado en IP usado en redes de segunda y tercera generación.

<sup>50</sup> Envío de paquetes de información bajo el protocolo User Datagram Protocol que funciona en redes TCP. Se limita a recoger el mensaje y enviar el paquete por la red, por lo que no es tan fiable.

desea utilizar y ni siquiera debería recibir. Esto no es un ataque de seguridad como tal, pero permite al hacker causar graves problemas a la operadora y sus usuarios, que ven su factura crecer sin explicación aparente.

Podemos entonces decir que los ataques sobre GPRS se segmentan en tres categorías:

- Anomalías del Protocolo GTP. Este tipo de ataques buscan impactar malas implementaciones de GSNs utilizando paquetes malformados que no cumplen con los estándares y como tal jamás deberían ser utilizados en una red en buen funcionamiento.
- Ataques de Infraestructura. Estos ataques buscan obtener acceso a sistemas restringidos de la red, como GSNs u otros sistemas de administración.
- Denegación de Servicios. Estos ataques intentan agotar los recursos existentes en la red para evitar que se puedan atender a otros usuarios; por ejemplo, generar miles PDP Context activations hacia un SGSN.

## **5.7 Servicios.**

### Video Streaming

- Canales Comerciales de TV
- Video bajo demanda
- Video de Cámaras Fijas.

El servicio de video Streaming permitirá al usuario recibir y reproducir video en su teléfono de forma directa y sin tener que descargarlo, guardarlo y posteriormente reproducirlo. Esto permitirá una mejor experiencia para el usuario ya que prácticamente estará recibiendo video en tiempo real. El usuario podrá elegir entre las diferentes modalidades de este servicio:

- **Streaming de Canales Comerciales de TV**

El usuario podrá visualizar en tiempo real en su teléfono la programación de sus canales de televisión predilectos. Las transmisiones ofrecidas en estos canales pueden ser las mismas que se ofrecen a través de los equipos receptores de televisión o bien una selección del contenido más relevante. Cabe mencionar que la experiencia del usuario es semejante a la que vive con la televisión tradicional, el contenido se transmite de manera secuencial y el usuario no puede adelantar, retroceder, detener o guardar la transmisión.

- **Streaming de Video bajo demanda**

En esta modalidad el usuario podrá elegir contenido que se encuentra clasificado en diferentes categorías de interés: noticias, deportes, caricaturas, espectáculos, etc. permitiéndole así visualizar contenido de acuerdo a su preferencia.

La particularidad del video bajo demanda es que el usuario podrá solicitar la visualización del contenido seleccionado cuantas veces quiera. Dependiendo del esquema de cobro que se defina, cada vez que el usuario visualice el contenido este será cobrado o no.

- **Streaming de Video de Cámaras Fijas**

La obtención de video proveniente de cámaras que se encuentran transmitiendo en vivo es otra de las variantes de video streaming. La característica principal de esta modalidad es que el usuario de acuerdo a sus preferencias puede solicitar contenido proveniente de cámaras públicas instaladas en lugares de interés.

Estas cámaras pueden transmitir videos de:

- Estado del tráfico en las principales avenidas de la ciudad.
- Carga vehicular en casetas de peaje.
- Carga vehicular en las garitas de las líneas fronterizas.
- Vistas de sitios turísticos.
- Entrada de Bares y Antros
- Etc.

### **5.7.1 Posibles Mecánicas del servicio.**

#### **a) WAP Browser.**

Se podrá acceder a los contenidos, cámaras públicas y canales de televisión con los que se tenga convenio a través del portal WAP con la siguiente mecánica.

- **Televisión en tiempo real**

1. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.
2. Selecciona la categoría de streaming.
3. Selecciona la opción de Canales de TV.
4. Elige la televisora y canal de su preferencia.
5. Se activa el reproductor de video del equipo y comienza la reproducción del canal elegido.

- **Video bajo demanda**

1. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.
2. Selecciona la categoría de streaming.
3. Selecciona la opción de video bajo demanda.
4. Elige la categoría y el contenido de su preferencia.
5. El reproductor de video del teléfono se activa y reproduce el contenido seleccionado.

- **Vídeo de cámaras fijas**

1. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.
2. Selecciona la categoría de streaming.
3. Selecciona la opción de cámaras en vivo.
4. Elige la categoría y la ubicación de la cámara que desea ver.
5. El reproductor de video del teléfono se activa y reproduce el video que la cámara esta captando en ese momento.

#### **b) Selector de canales.**

Se puede considerar el uso de un cliente que facilite la navegación del usuario y que sea visualmente más atractivo que la navegación a través de menús y submenús del portal WAP.

Este cliente podrá ser descargado directamente por el usuario, o en el caso de nuevas terminales vendrá precargado. Este cliente mejorará la experiencia de usuario y aplicará para los tres servicios: Televisión en tiempo real, Video bajo demanda y Video de sitios públicos.

#### **5.7.2 Consideraciones.**

- Definición de acuerdos comerciales entre el operador con los proveedores de contenidos, televisoras o bien los acuerdo con la empresa que se encargue de proveer y administrar el servició (Hosting).
- Actualización constante de los contenidos ofrecidos.

Las terminales a utilizar deben soportar la configuración de distintos APN's, deben ser GSM, que soporten EDGE y que cuenten con reproductor de video que cumpla con el estándar 3GPP.

#### **5.8 Interfaz de usuario.**

Los terminales deben contar con las siguientes características:

- Soportar la configuración de distintos APN's
- Soportar la tecnología EDGE<sup>51</sup>

La interfaz para utilizar los servicios puede ser de dos maneras:

### 1. WAP Browser.

Se podrá acceder a los contenidos, cámaras públicas y canales de televisión con los que se tenga convenio a través del portal WAP con la siguiente mecánica.

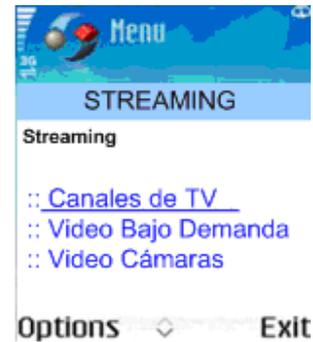
- **Televisión en tiempo Real**



6. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.



2. Selecciona la categoría de streaming.



3. Selecciona la opción de Canales de TV



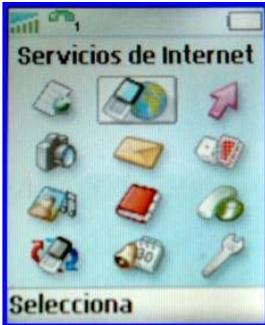
4. Elige la televisora y canal de su preferencia



5. Se activa el reproductor de video del equipo y comienza la reproducción del canal elegido.

<sup>51</sup> Última tecnología en transmisión inalámbrica de paquetes de datos sobre redes móviles que permite el uso de mayores anchos de banda y mayores velocidades de transmisión que GPRS.

- **Bajo Demanda**



1. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.



2. Selecciona la categoría de streaming.



3. Selecciona la opción de Videos bajo demanda.



4. Elige la categoría y el contenido de su preferencia



5. El reproductor de video del teléfono se activa y reproduce el contenido seleccionado

- **Videos de Cámaras fijas**



1. El usuario selecciona el navegador WAP en su equipo.



2. Selecciona la categoría de streaming.



3. Selecciona la opción de Cámaras en Vivo



4. Elige la categoría y la ubicación de la cámara que desea ver

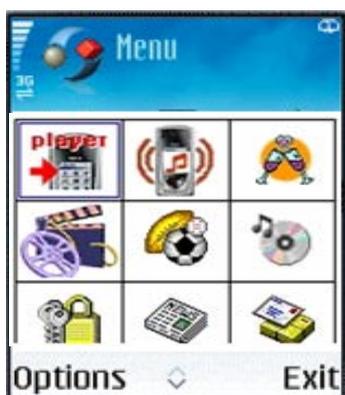


5. El reproductor de video del teléfono se activa y reproduce el video que la cámara esta captando en ese momento

## 2.- Selector de Canales.

Se puede considerar el uso de un cliente que facilite la navegación del usuario y que sea visualmente más atractivo que la navegación a través de menús y submenús del portal WAP.

Este cliente podrá ser descargado directamente por el usuario, o en el caso de nuevas terminales vendrá precargado. Este cliente mejorará la experiencia de usuario y aplicará para los tres servicios: Ideaste, Video bajo demanda y Video de sitios públicos.



En el menú de aplicaciones del teléfono el usuario selecciona el cliente de video streaming.



El usuario podrá navegar en los submenús de temas o los canales de TV de su preferencia.



Dentro de los submenús aparecerá minimizado el contenido para que el usuario elija su favorito.



Una vez que el usuario haya elegido el canal o video que desea ver este se reproducirá en la pantalla del teléfono.

## 5.9 Análisis de la implementación.

### *Consideraciones para la implementación:*

Se asume que la Red Telefónica propuesta en la que se va a implementar el servicio de streaming es una red 3G conformada por los siguientes componentes (nodos azules).

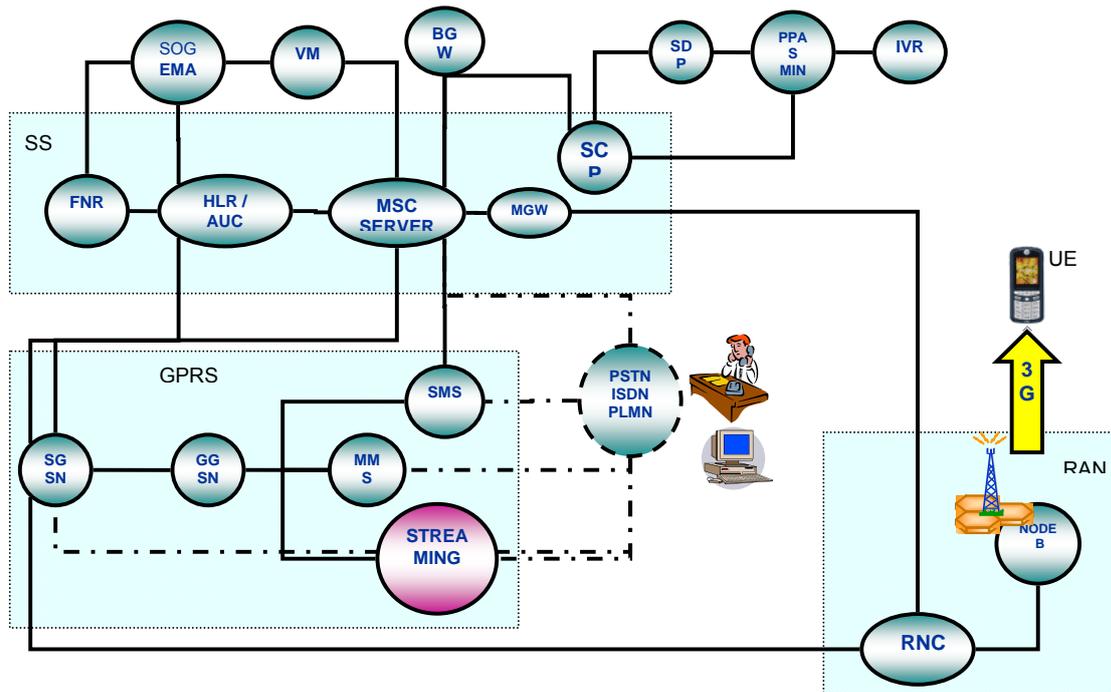


Fig. 5.7

### *Dimensionamiento:*

Con el lanzamiento de 3G y Videostreamig los usuarios finales adquirirán un nuevo estilo de vida y en este momento, esa es la dificultad por predecir de manera precisa su comportamiento y uso de los servicios.

Los mismos servicios se relacionarán enormemente en los próximos 2-3 años y se espera que sean: interactividad, voting (votaciones), Chat, etc. los cuales incrementarán la demanda y la utilización del usuario final incrementará. Los servicios de Televisión móvil y servicios de video se tomarán rápidamente en los siguientes 2-4 años y por ende se requiere una aproximación proactiva que implemente algún SW competente. El NIN por ejemplo puede soportar hasta 325 usuarios simultáneos.

Para soportar el crecimiento acelerado de suscriptores, puede implementarse un CDS de alta disponibilidad- Large system.

CDS HA:

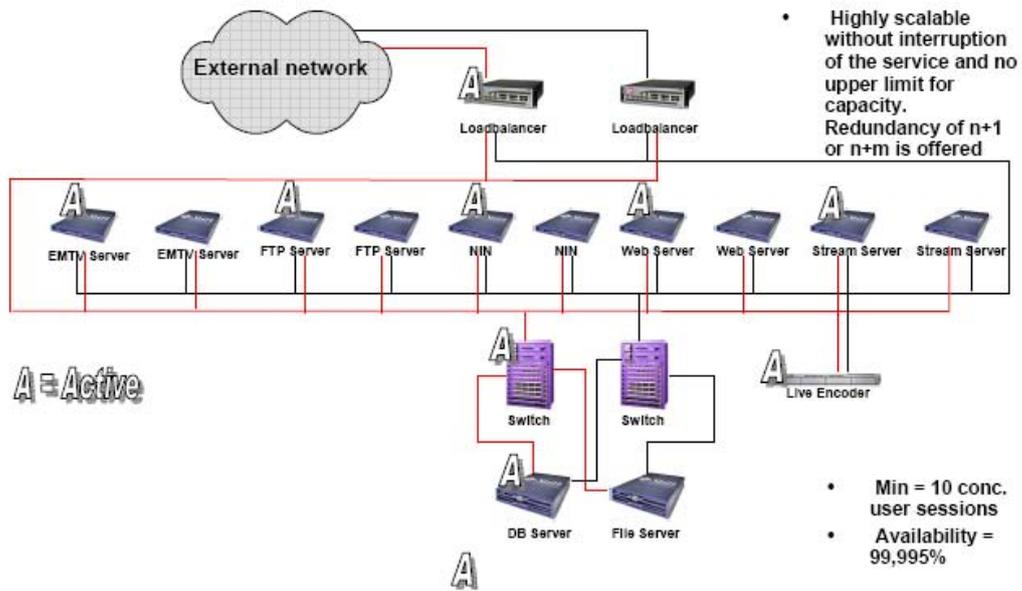


Fig. 5.8

El sistema incluye un codificador de sistema Helix Mobile Producer capaz de codificar hasta 4 diferentes señales de TV.

Por lo que la arquitectura propuesta según el dimensionamiento queda de la siguiente manera.

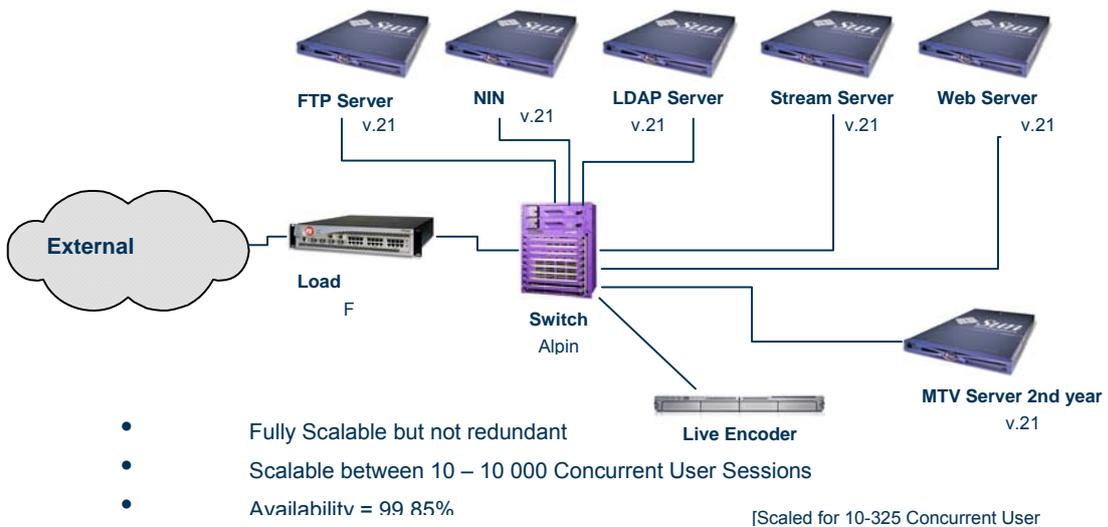


Fig. 5.9

El CDS Core esta construido de un número de redes separadas, cada una de estas está dedicada a una cierta tarea:

- Tráfico
- Charging
- Provisionamiento
- Carga de contenido

La siguiente figura muestra el **internetworking (interconexión)** interno.

La red interna que entrega el contenido, está conectada a un balanceador de carga en la configuración CDS Core Large.

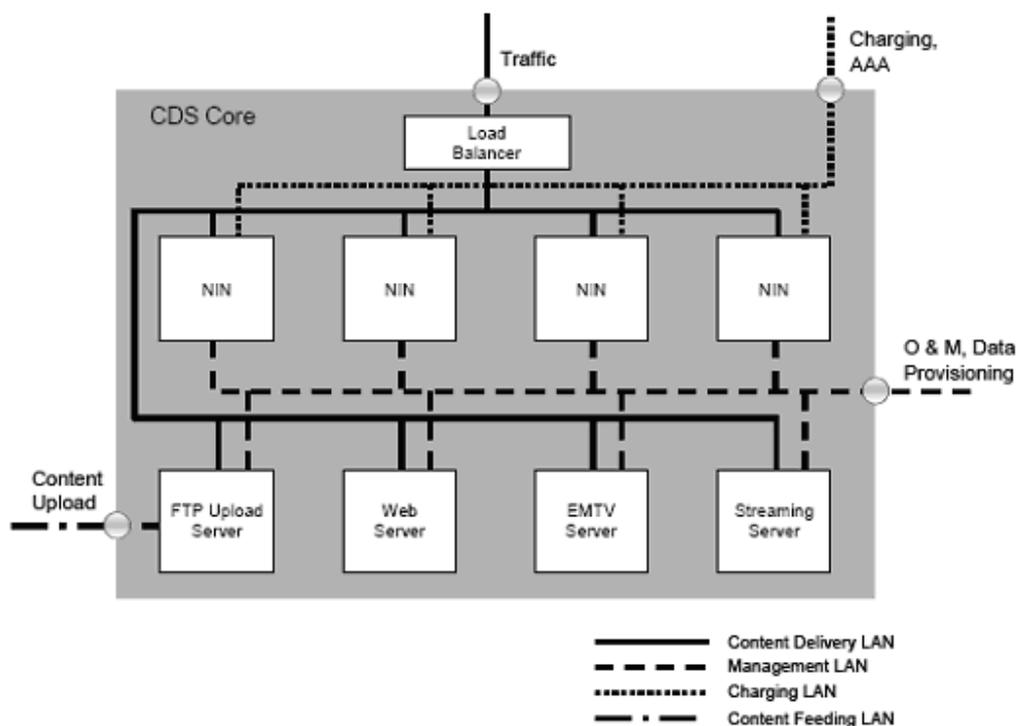


Fig. 5.10

Los puntos de acceso para la red CDS Core se listan en la siguiente tabla con los protocolos y las funcionalidades asociadas.

<b>Acceso</b>	<b>Protocolos</b>	<b>Funcionalidad</b>
Cargas de contenido	FTP TCP/IP	Proveedor de contenido Sistemas internos del operador
Tráfico	http/1.1  RTSP RTP/RTCP RDT  TCP/IP UDP/IP	Media Player, Origin Server, Devide Profile Server  Usado para contenido de straming RealMedia.
Management	SNMPv2  FTP HTTP/1.1 LDAP v3 TCP/IP	Sistema de Administración de la red.  Directorio externo LDAP Customer admin System
Charging AAA	FTP  DIAMETER RADIUS LDAP TCP/IP	Sistema de facturación (off-line) Sistema de cobro on-line Servidor AAA

Tabla 11.

### 5.9.1 Puntos de acceso a la Red CDS Core.

Como se puede observar en la figura del internetworking interno, la red de carga FTP solo está conectada entre el servidor FTP y el exterior para proveer acceso a los proveedores de contenidos para cargar los contenidos.

Por otro lado, la red Charging/AAA solo interconecta los diferentes NIN's hacia los servidores AAA y el Charging, sin embargo el operador debe tener un NIN redundante para la red local Charging/AAA que no tendrá interacción con ningún otro.

La red de tráfico por otro lado, interconecta el NIN, los Servers/Gateways de streaming, los nodos MTV (Servidor de TV móvil), el servidor de carga FTP, y los servidores Web.

Finalmente la red de Management interconecta también el NIN, los Servers/Gateways de streaming, los nodos MTV, el servidor de carga FTP, y los servidores Web.

## 5.9.2 Factores a considerar para la integración de las diferentes partes.

### 5.9.2.1 Integración del charging a la plataforma.

CDS provee a través del NIN las opciones de charging on-line y off-line, ambas soportadas por la función de charging. El NIN, es un nodo que permite una implementación rápida y segura.

*On-line charging (prepagado):* El CDS interactúa en tiempo real con éste sistema para controlar las cuentas de los usuarios al mismo tiempo que entrega el servicio requerido. Para la interfaz de charging, se utiliza un conector framework y puede utilizar el protocolo CCA Diameter.

En este caso, la integración será con el nodo CCN (Control Charging Node) y el charging se aplicará a través del nodo SDP (Service Data Point Charging System), ésta es la forma en que trabaja el Sistema de Charging.

El CCN cobrará on-line el contenido y el evento, usando Diameter. El CCN actúa como re transmisor entre los usuarios de los servicios (por ejemplo, MMC y OGW) y el SDP. La siguiente figura muestra que parámetros se requieren para manejar el servicio de contenidos.

	Cobro del Contenido	Cobro del evento
Configuración CCN	Requerido	Requerido
Cobro del contenido	Requerido	n/a
Cobro del evento	n/a	Requerido
SDP Lookup	Requerido	Requerido
Normalización de números	Requerido	Requerido
Acceso de la salida de CDRs	Opcional	Opcional
Transferencia de archivos FTP	Opcional	Opcional
Acceso a INAP	Requerido	Requerido
Acceso a TCAP	Requerido	Requerido
Acceso a Diameter	Requerido	Requerido

Tabla 12.

*Off-line charging (postpago):* El NIN ofrece un archivo de charging estandarizado y configurable en forma de CDRs que pueden ser usados como entradas al sistema de facturación del operador.

El sistema de facturación, puede ordenar los archivos CDRs sobre una interfaz IP física dedicada para procesamiento. De manera adicional, el NIN puede configurarse para que periódicamente envíe los archivos CDRs al sistema de facturación.

NIN asegura que el usuario no generará cargos por servicios que no obtuvo, así como es configurable la información que puede ser grabada en los CDRs.

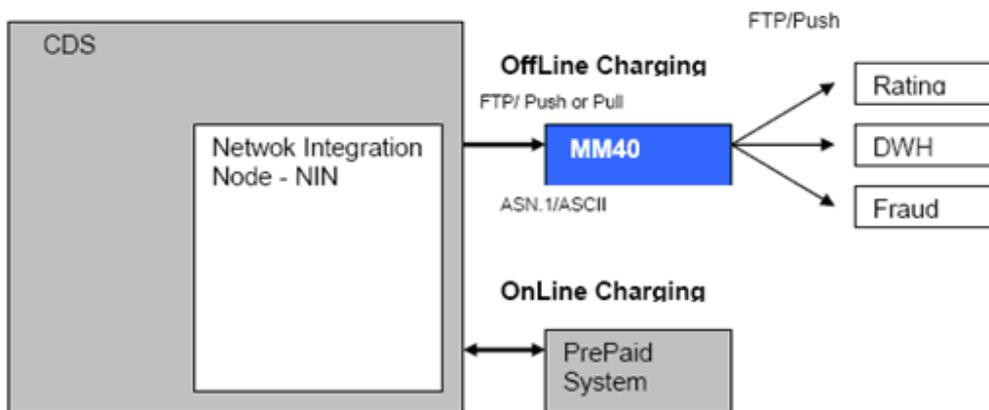


Fig. 5.11

- 1) Configuración de CCN Diameter (el cliente debe contar con el sistema que permita la configuración correspondiente (nodo CCN y nodo SDP).
- 2) Configuración de SDP Diameter, el cuál soporta los nuevos servicios.

### 5.9.2.2. Integración a provisionamiento.

Como se puede ver en la siguiente figura, el CDS tiene varias interfaces para su integración hacia sistemas externos.

Como parte de esas interfaces el NIN incluye el protocolo LDAP para provisionar usuarios conforme a su Base de Datos de suscriptores.

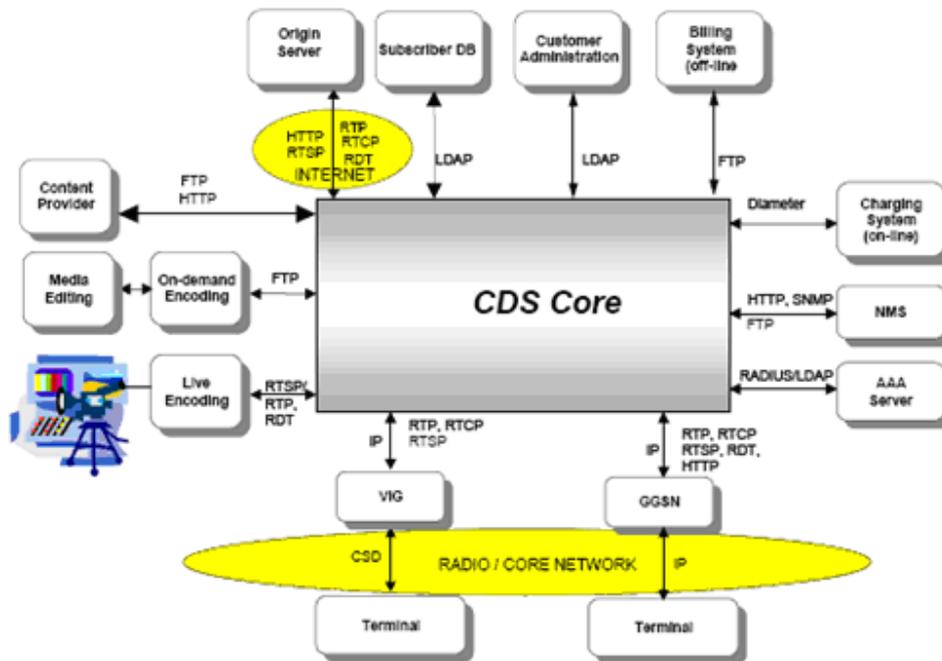


Fig. 5.12

## 5.10 Análisis de impacto

Debido a que el punto de conexión entre la solución propuesta de streaming y la red 3G es la plataforma de GPRS, a continuación se muestra el impacto que podría presentar ésta plataforma.

En su concepción, el GPRS presenta varios problemas de seguridad que son evidentes y pueden ser explotados para abusar de la red, de sus usuarios, no pagar por servicios, causar facturación excesiva a suscriptores, entre otros.

Por otro lado, el GPRS tiene muchos componentes complejos que son implementados utilizando hardware y sistemas operacionales comunes. Podemos entonces concluir que todas las vulnerabilidades y ataques conocidos del mundo de Internet y sus servicios se aplican directamente a estos elementos del GPRS.

La implementación de SGSNs y GGSNs no son tan maduras como otros tipos de software utilizado en Internet que han estado bajo escrutinio continuo durante años. Estas aplicaciones sufren de los mismos problemas de seguridad a los cuales ya nos acostumbramos, tal como buffer overflows (desbordamiento del buffer), ataques de Denial of Service (Dos, negación de servicio), virus y gusanos.

Uno de los problemas más graves de las redes GPRS es que el SGSN y GGSN confían el uno en el otro y no existen mecanismos de seguridad entre ellos.

Por otra parte, hay muy poca segmentación del **backbone**<sup>52</sup> (**espina dorsal**) GPRS, redes de administración o enlaces con partners de roaming. Un hacker podría conectarse a la operadora, obtener la dirección IP del GGSN al cual está conectado y, vía la interfaz G, intentar obtener la dirección IP de otros GGSNs, que le permitan utilizar otros servicios no disponibles en su plan o simplemente no pagar por el uso de estos servicios.

Este método, combinado con otros ataques que pueden hacerse contra implementaciones de GGSNs actuales, como la generación de paquetes GTP dentro de GTP, abren la puerta a ataques muy sofisticados, dentro de la red GPRS; en este caso, solo un GGSN se compromete.

Esta variante de ataque se expande cuando tenemos en cuenta socios de roaming. Hoy en día, es raro encontrar operadoras que implementan sistemas de seguridad sobre GTP en la interfaz Gp. Esto significa que un GGSN comprometido en una operadora remota con la cual se tenga un acuerdo de roaming, permite atacar directamente el backbone de la operadora local.

Es decir, la seguridad de la operadora local depende de la seguridad de un sinfín de empresas en todo el mundo. Esto es posible aun cuando existen firewalls tradicionales en las interfaces Gp, pues todo el tráfico entre GSNs se hace dentro del GTP, que para un firewall tradicional es un simple servicio UDP. Si no se utilizan firewalls capaces de “abrir” e inspeccionar el GTP es posible comparar la interfaz Gp con un enlace de Internet sin protección alguna.

El impacto de estos ataques puede ser muy grande; por ejemplo, el GTP **spoofing (suplantación de identidad)**, que falsifica direcciones IP de sistemas en el backbone GPRS o el GTP Attack Tunneling (entubamiento), que encapsula ataques comunes de Internet en paquetes GTP, enviándolos contra el SGSN o GGSN.

Como siempre, se diseñaron protocolos y estándares que no se basaron en la seguridad y en este momento la puerta está abierta para que un hacker cause interrupciones de servicio, robe información de otros suscriptores o envíe software directamente a otros móviles vía chat u otra aplicación, que le permitan el completo control de esos dispositivos.

Las operadoras deben segmentar apropiadamente sus redes, instalar sistemas de seguridad GTP y, a nosotros los usuarios, nos falta la constante atención a nuestra factura de teléfono, así como las aplicaciones que tenemos instaladas.

---

<sup>52</sup> Se refiere al cableado troncal o principales conexiones troncales de la red.

### **5.11 Disponibilidad de contenidos.**

La compañía que proveerá del servicio de streaming puede ofrecer un paquete “demo” de contenidos que se puede usar ya sea a través del método tradicional de descarga o a través de streaming y que se utilizaría para fines de pruebas.

A continuación se muestra una lista de contenidos que podría estar disponible cuando el sistema ya esté funcionando y dando el servicio. Cabe aclarar que la cantidad y calidad de contenidos será responsabilidad exclusivamente de la compañía operadora, que será quién establecerá los convenios necesarios con las compañías de entretenimiento nacionales e internacionales.

Contenido local: Canales de televisión abierta:

Televisa (2,4,5,9)  
TV azteca (7,13,40)  
Canal 11.  
Canal 22.

Canales de televisión por cable: Cablevisión.

Contenido global: Canales de televisión de otros países: noticias, deportes, música, etc.

Por ejemplo:

Provider	Category	Description	Language	Updated
KAMERA (Wow!TV)	News	Movies, Music and Celebrities News	English	Daily
123Multimedia	Music	Music Video Clips	English, French	Upon request
123Multimedia	Kids	Cartoon	French, Language Independent	Upon request
123Multimedia	Sports	Extreme, Surf, Auto, Others	Language Independent	Upon request
123Multimedia	Fun	Fun Video Clips	Language Independent	Upon request
Jamba	Fun	Fun Video Clips	Language Independent	Upon request
Jamba	Music	Music Video Clips	English	Upon request
Jamba	Sports	Extreme Sports	Language Independent	Upon request
Jamba	Kids	Cartoon	Language Independent	Upon request
Atlas Production	Adult	Sexy Girls	Language Independent	Weekly
Atlas Production	Sports	Extreme Sports	Language Independent	Weekly
Atlas Production	Music	News about Singers and	English	Weekly

Tabla 13.

### 5.12 Protocolo de Pruebas de Aceptación

El protocolo de pruebas de aceptación es el documento que describe el procedimiento para alcanzar la aceptación de la implementación de solución. A continuación se describen las características básicas de la herramienta.

## 1. Descripción de la solución

- a) Sistema operativo
- b) Database (Base de datos)**
- c) HostID<sup>53</sup>
- d) Hostname<sup>54</sup>

### 1.1 Nodo que fue utilizado como prueba para la solución

- a) Sistema operativo
- b) Database
- c) HostID (identificador de un equipo anfitrión)**
- d) Hostname (nombre de un equipo anfitrión)**

### 1.2 Direcciones IP

- e) IP
- f) X25
- g) X29

### 1.3 Topología

## 2. Configuración de la solución

- a) Configuración de los discos
- b) Configuración de la base de datos
- c) Configuración del sistema operativo
- d) Pruebas de **High Available**<sup>55</sup> (**alta disponibilidad**)

## 3. Descripción del Software

- a) Software instalado
  - Software de aplicación
  - Software de terceros
- b) Licencias del software

## 4. Descripción del Hardware

- a) Anexar documento con descripción y números de series del equipo entregado

---

<sup>53</sup> Parte de la dirección IP que define al sistema en toda la red.

<sup>54</sup> Nombre del sistema.

<sup>55</sup> Se refiere a las pruebas de confiabilidad del sistema.

5. Pruebas de aplicación

- a) Propósito
- b) Prerrequisitos
- c) Ejecución de:
  - Respaldo
  - Recuperación
  - Seguridad

6. Entregables

- a) Documentos
- b) Servicios

7. Anexo

- a) Matriz de resultados

8. Firmas de aceptación

**5.13 Time Plan**

El siguiente es un ejemplo de un cronograma de implementación de la solución propuesto por proveedor de servicios de streaming.

El tiempo aproximado es de 40 semanas, dado que el objetivo es asegurar que todos los recursos necesarios estén disponibles en tiempo y forma según al acuerdo establecido por las partes. El cronograma de implementación de la solución es la siguiente:

ACTIVIDAD	DURACIÓN EN SEMANAS																																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40				
Elaboración y documentación del proyecto	5																																											
Orden de Pedido						2																																						
Orden y distribución de hardware							8																																					
Adecuación e instalación en sitio.																4																												
Integración a Billing																					6																							
Integración a Charging																											6																	
Integración a Aprovechamiento																																												
ATP																																												

Tabla 14.

## 6. REQUERIMIENTOS PARA LA INTEGRACIÓN.

### 6.1 Requisitos del operador.

Integración requerida	Requisitos del operador
Integración a la plataforma de prepago	Release 3 en el Charging System (Nodos CCN y SDP)
Integración a postpago	MM4 System
Integración a Provisionamiento	Metasolv ASAP Provisioning System

- La implementación del servicio de streaming tendrá que tomar en cuenta la utilización de la infraestructura de red 3G
- La primera fase de la operación y ofecimiento del servicio de streaming deberá tener un impacto mínimo en los nodos de 3G
- Deberá aumentar la cobertura gradualmente según vaya creciendo la demanda
- Las terminales tendrán que ser multiformes GSM&3G
- Deberá existir la disponibilidad de traspasos entre sistemas GSM y 3G

### REQUISITOS DE LA COMUNICACIÓN MULTIMEDIA.

- Capacidad de transmitir cualquier información:  
Voz, imágenes, video y texto simultaneos e independientemente en una llamada, canales distintos para una misma comunicación.
- **QoS: CALIDAD DE SERVICIO**  
Capacidad de negociar distintas calidades de servicio (velocidad, retardo, etc.) en función de: entorno, numero de usuarios simultáneos, tipo de abonado y tipo de Terminal.

### 6.2 Requerimientos de red.

Tomando en cuenta que, como se ha planteado en el capítulo anterior, el intercambio de datos entre el proveedor de host y la compañía operadora será a través de una conexión de internet, a continuación se presentan una serie de

condiciones que se deben cumplir para que el flujo de información sea el más adecuada de acuerdo a las necesidades de la aplicación.

La compañía operadora debe proveer a la compañía que brindará el servicio de Streaming un rango de direcciones IP para el APN que será usado para acceder a la plataforma de alojamiento de contenidos. El **Hosting Center (centro de administración)** usará esta información para permitir el acceso desde la APN a la plataforma. Si se usa un **gateway (interfaz a una red externa)** WAP la compañía operadora debe indicar que es una IP pública.

Para acceder a los servidores ROC-SP, la compañía operadora debe hacer lo siguiente:

- Agregar rutas a la red ROC-SP.
- Permitir los siguientes accesos en el **firewalls (cortafuegos)**.

PROTOCOLO	PUERTO	FUENTE	DESTINO
RTSP	554/tcp	Dirección APN	Red NOC SP
RTP	1024/udp a 65535/udp	Red NOC SP	Dirección APN
http	80/tcp	Dirección APN	Red NOC SP

Tabla 15.

Características especiales del GPRS core y de la red acceso.

- Quality of Service.

Al igual que para una BSS (Subsistema de Estación Base), esta característica permite una diferenciación en prioridad y ejecución entre servicios y usuarios.

- Control QoS.

Habilita el servicio para conseguir control sobre la negociación del QoS, sin esta característica no se consiguen resultados óptimos.

- Streaming QoS.

Al igual que para una BSS, esta característica habilita el uso de 3GPP QoS de streaming, permitiendo un garantizado envío y retraso para las aplicaciones que se requieren.

- Contexto PDP secundario.

La característica del contexto PDP secundario hace posible a un suscriptor establecer más de un contexto PDP activo por APN y dirección IP. Esto se usa en combinación con el QoS de streaming.

Las necesidades del GGSN son:

- Contexto PDP secundario.

La misma funcionalidad que en el SGSN.

- Control QoS.

La misma funcionalidad que en el SGSN.

Un alto nivel de QoS sólo se puede obtener cuando se optimizan los diferentes segmentos:

- Controlando el acceso de ancho de banda, la NIN controla el uso del ancho de banda a través de:
  - Límite total de ancho de banda.
  - Límite de ancho de banda de suscripción (definido en el DB (Base de datos) de suscriptor).
  - Límite de ancho de banda de suscripción (ancho de banda del cliente en la petición de streaming).

### **6.3 Requerimientos de transmisión.**

El propósito de una red, es transmitir información desde un equipo a otro, para lograr esto el operador puede tener implementadas las tecnologías PDH o SDH, teniendo en cuenta la aplicación de la tecnología de conmutación ATM, con lo que se garantizaría la correcta transmisión de la información, a través de la red de transporte del operador.

Es por ello que los requerimientos de transmisión son responsabilidad de la compañía a la cual, el operador, le contrate el acceso a Internet así como del propio operador, pues las tecnologías utilizadas con el propósito de transportar la información para satisfacer los requerimientos de transmisión, son variadas en la actualidad, por lo que cada operador adoptará la que mejor le funcione en su red.

Así también, el operador deberá contar con un buen soporte del proveedor que le permita operar con un buen servicio, para ello será necesaria la implementación de seguridad en las redes, de la cual se hablara brevemente.

En la actualidad, las organizaciones son cada vez más dependientes de sus redes informáticas y un problema que las afecte, por mínimo que sea, puede llegar a comprometer la continuidad de las operaciones.

La falta de medidas de seguridad en las redes es un problema que está en crecimiento. Cada vez es mayor el número de atacantes y cada vez están más organizados, por lo que van adquiriendo día a día habilidades más especializadas

que les permiten obtener mayores beneficios. Tampoco deben subestimarse las fallas de seguridad provenientes del interior mismo de la organización.

La propia complejidad de la red es una dificultad para la detección y corrección de los múltiples y variados problemas de seguridad que van apareciendo.

Además de las técnicas y herramientas criptográficas, es importante recalcar que un componente muy importante para la protección de los sistemas consiste en la atención y vigilancia continua y sistemática por parte de los responsables de la red. A la hora de plantearse en qué elementos del sistema se deben de ubicar los servicios de seguridad podrían distinguirse dos tendencias principales:

Protección de los sistemas de transferencia o transporte. En este caso, el administrador de un servicio asume la responsabilidad de garantizar la transferencia segura al usuario final de la información de forma lo más transparente posible. Ejemplos de este tipo de planteamientos serían el establecimiento de un nivel de transporte seguro, de un servicio de mensajería con MTAs (Agentes de Transporte de Correo) seguras, o la instalación de un firewall, que defiende el acceso a una parte protegida de una red.

Un cortafuegos es un elemento de hardware o software utilizado en una red de computadoras para controlar las comunicaciones, permitiéndolas o prohibiéndolas según las políticas de red que haya definido la organización responsable de la red.

La ubicación habitual de un cortafuegos es el punto de conexión de la red interna de la organización con la red exterior, que normalmente es Internet; de este modo se protege la red interna de intentos de acceso no autorizados desde Internet, que puedan aprovechar vulnerabilidades de los sistemas de la red interna.

#### **6.4 Requerimientos de Terminales.**

El Selector de canal implementado en la solución permite al usuario utilizar terminales con el estandar RTSP Streaming Player (3GPP PSS) par anavegar a través de grupos de contenidos, lo que da al usuario una experiencia similar que al manipular canales de TV. El selector de canal soporta TV en tiempo real y vídeo bajo demanda. El CDS también cuenta con un menú de contenidos (en una estructura jerárquica de árbol) mediante el cual el cliente desplegará una lista o íconos de los contenidos en la pantalla de la Terminal y podrá navegar fácilmente a través de estos para elegir el contenido a reproducir; en cualquier momento durante la reproducción, el usuario puede moverse en la lista de contenidos y cambiar a otro contenido disponible.

Para obtener todas las bondades del selector de canal, debe instalarse un cliente de aplicación a las terminales (JSR 135 API), este cliente se entregará con el CDS, ésta aplicación retiene un buffer de imágenes por canal, haciendo posible la facilidad de cambiar una intra imagen para mejorar la calidad del video.

También se soporta EPG (Guía Electrónica de Programas) para un acceso fácil a la lista de canales.

Cuando el usuario inicie la aplicación de Selector de Canal y quiere abrir EPG, la estructura de árbol de los canales creada por el editor de selector de canal se desplegará en la pantalla de la terminal. El selector de grupo provee funcionalidades para el manejo del video bajo demanda como, programar una acción automática específica (detener, reproducir otra vez, pasar a la siguiente reproducción) al finalizar la reproducción del clip,

Todos los equipos terminales existentes en el mercado actual que cuentan con reproductor de video y cumplen con 3GPP son soportados por el CDS, como ejemplo, aquellos que son GSM y soportan EDGE.

Algunas de las terminales que al día de hoy cumplen con estos requerimientos son:

MARCA	MODELOS
Nokia	5140 9300i
	3200 9300
	3220a 9500
	3220b 6620
	6820 6682
	6230 N-90
	6101 3230
	6101b 6125
	7270 6131
	6170b N70
	7280 N80
	6020 N91
6111 6822b	
Motorola	V555
	V557p
	V330
	V337
Sony Ericsson	Z500a
	S710a
	W600
	W810
Samsung	W300i
	D500
Palm One	SGH-T809
	Treo 650

Tabla 16.

## 7. PROPUESTA DE SERVICIO.

### 7.1 Dimensionamiento de la solución.

El dimensionamiento de la solución propuesta, se calculó de acuerdo al número de sesiones concurrentes estimadas (ver cálculo de sesiones concurrentes en 5.3.3).

Según lo establecido anteriormente el requerimiento de sesiones concurrentes para la red propuesta es de 1500. La capacidad mínima de esta configuración propuesta del CDS es de 325 sesiones concurrentes, por las características propias de los equipos. Este sistema se va escalando según el principio de  $n*325$ , donde  $n$  es el número de nodos de la red NIN del CDS. Teóricamente  $n$  puede ser infinita, pero en la realidad estará limitada por la capacidad del balanceador de carga.

Una característica especial de este sistema es su escalabilidad (hasta 10,000 sesiones concurrentes), que se logra con la adición de componentes de hardware de forma modular y sin interrupción del servicio.

Para ampliar el sistema se tienen que agregar nodos de red NIN, ya que la NIN es uno de los componentes que limitan la capacidad del servicio de streaming. Para una correcta ampliación también requiere agregar componentes tales como servidores MTV, servidores Web, servidores de Streaming y servidores FTP. Naturalmente que la capacidad final del sistema dependerá directamente de la capacidad de cada componente de hardware. Por lo tanto, según el principio mencionado anteriormente:

COMPONENTE	CRITERIO	TOTAL REQ.
NIN	$n*325$	5
Servidor Streaming	$NIN's/2$	3
Servidor FTP	Hasta 1000 sesiones	2
Servidor Web.	Hasta 1000 sesiones	2
Servidor MTV	Hasta 1000 sesiones	2
Balanceador de carga	Hasta 10,000 sesiones	1
Switch	Hasta 10,000 sesiones	1
Live encoder	Hasta 10,000 sesiones	1

Tabla 17

Hay un aspecto importante en las redes, que es la confiabilidad del sistema. En este caso se aplican los mismos criterios de redundancia que en una red convencional que pueden ser  $n+1$ ,  $n+n$  o  $n+m$ , según sean las necesidades del cliente.

A continuación se muestra un esquema del CDS propuesto.

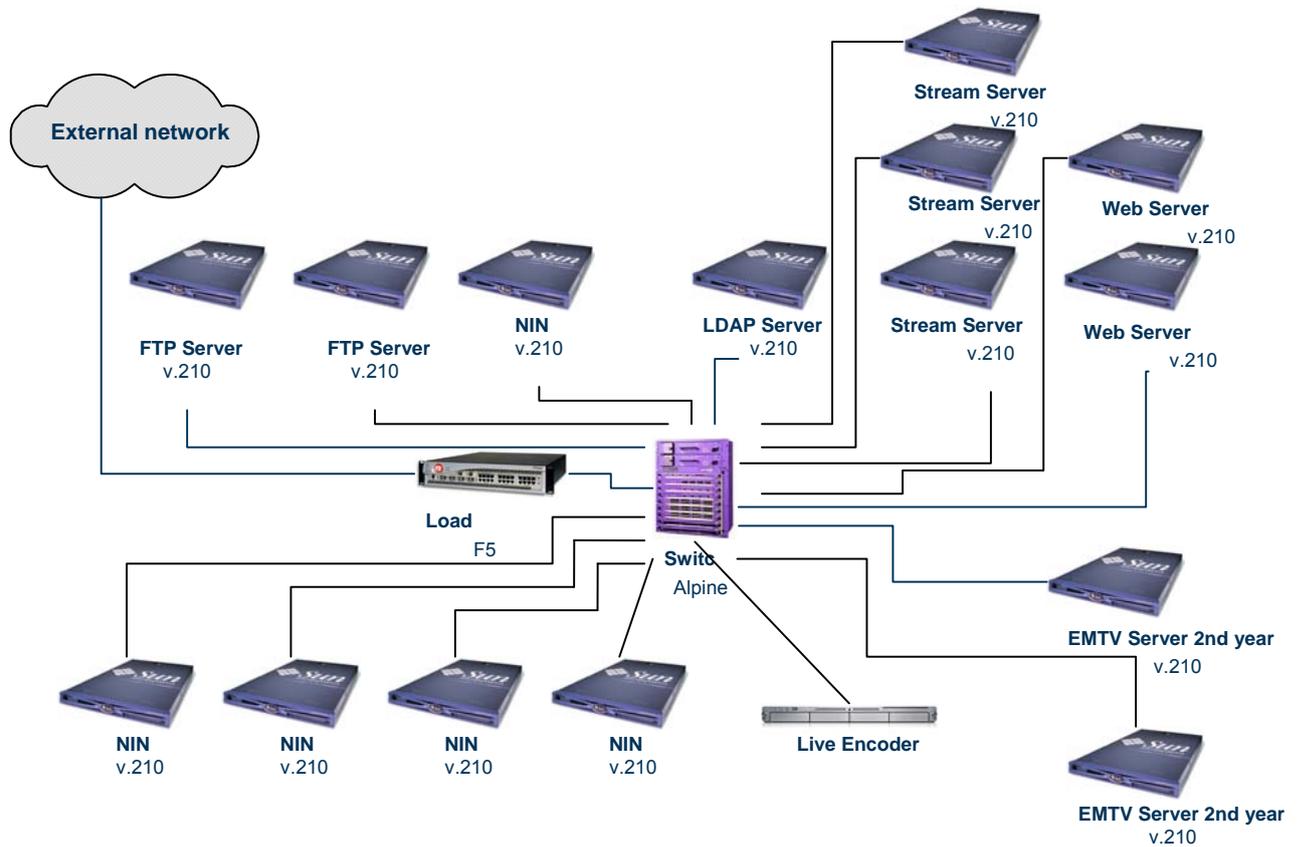


Fig. 7.1

## 7.2 Operación del servicio (streaming).

En éste capítulo se muestra un ejemplo práctico del proceso bajo el cual el operador telefónico responderá a una solicitud de un usuario por acceder a su red y utilizarla para satisfacer sus necesidades de servicios de datos (streaming).

A continuación la arquitectura de los elementos de red 3G.

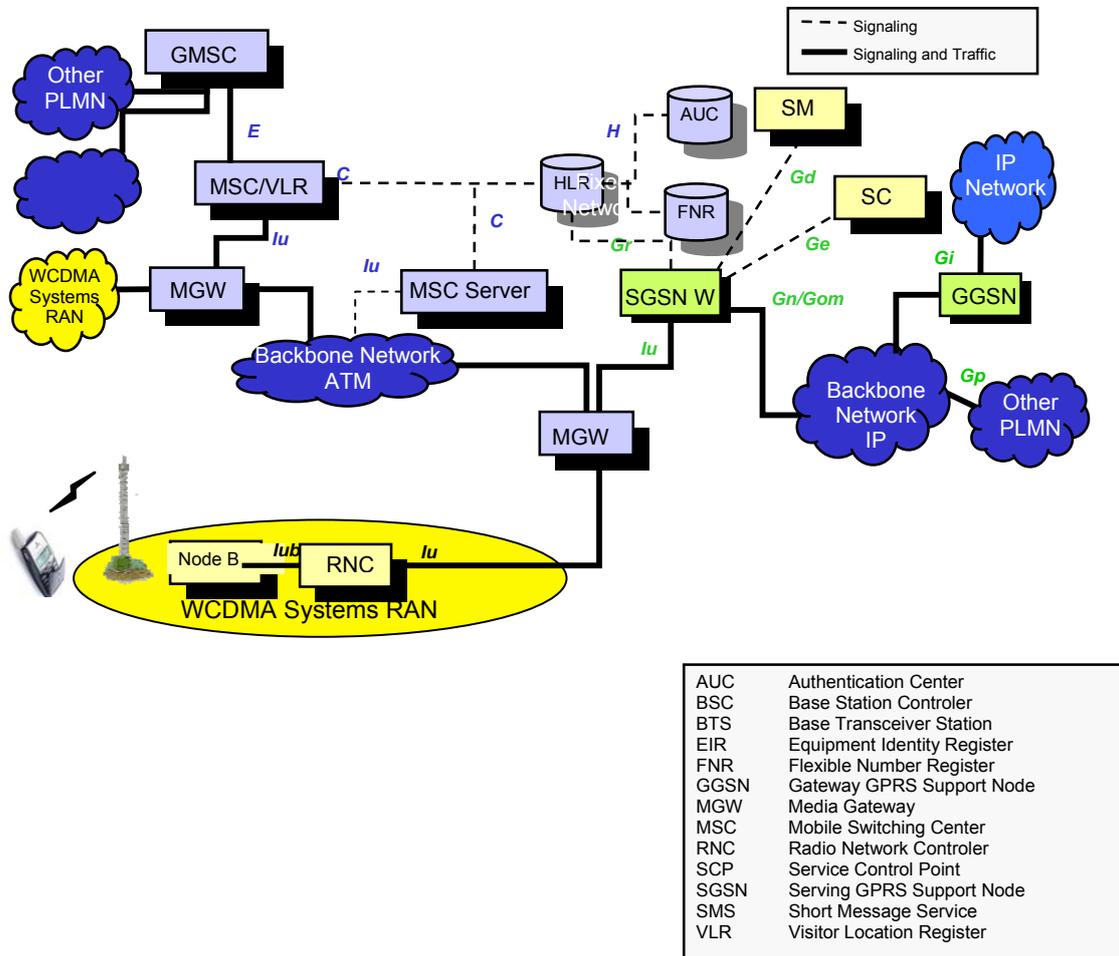


Fig. 7.2

El proceso de inicialización mediante el cual, el usuario intenta tener comunicación con la RED GPRS se denomina **Attach (adjuntar)**.

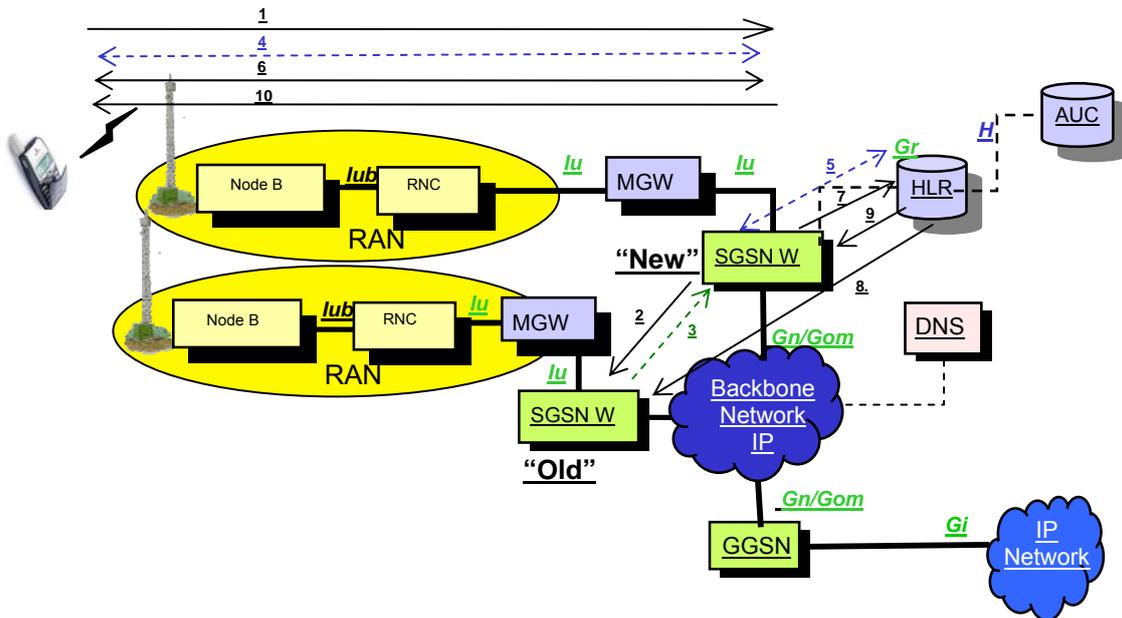
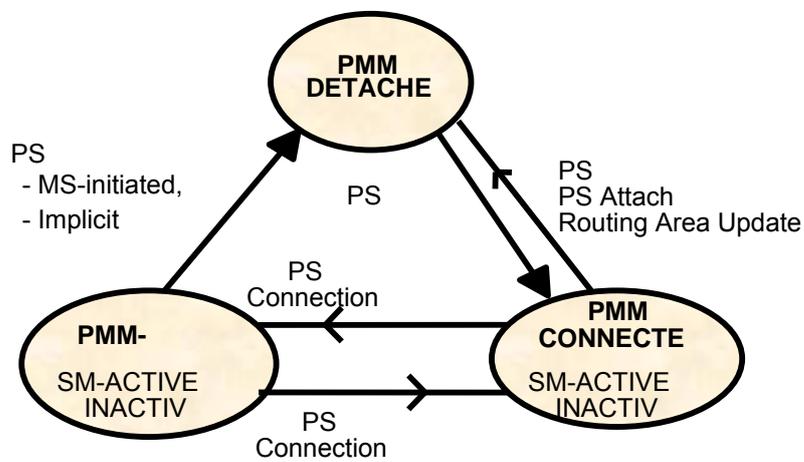


Fig. 7.3

Según el Modelo de estado del PMM<sup>56</sup> (Administración de la movilidad de Paquetes), se lleva a cabo la conexión de señalización del PS.



**Legend**  
 PS Packet Switched  
 SM Session

**Mobility Management States**

Fig. 7.4

<sup>56</sup> Packet Mobility Management

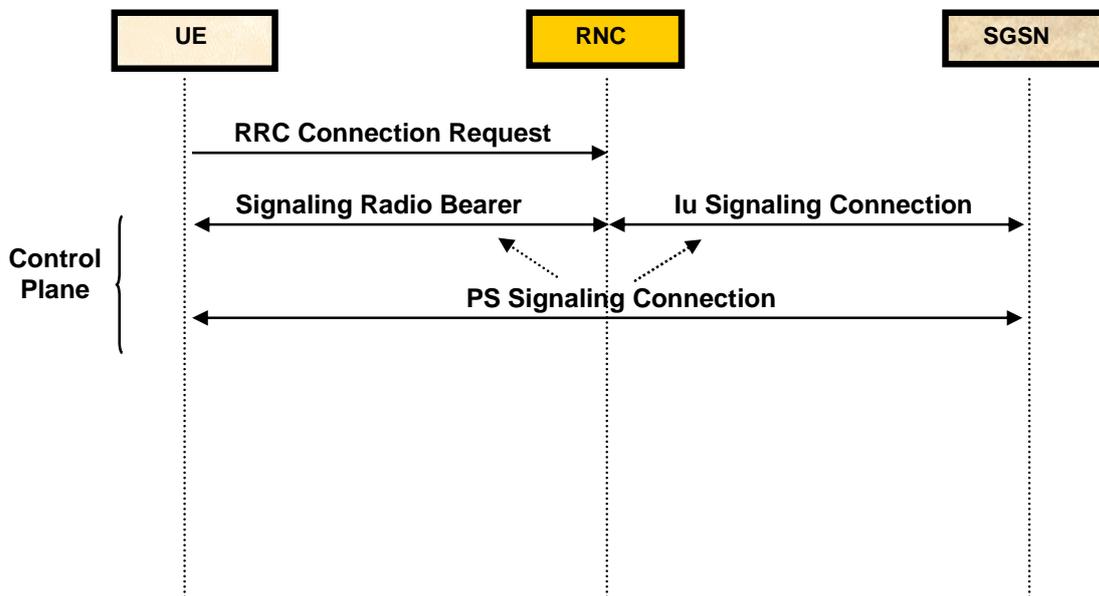


Fig. 7.5

Una vez establecida la conexión de señalización, se solicita el servicio requerido al (los) sistema(s) correspondiente(s) (streaming), a esto se le denomina “Activación del contexto PDP<sup>57</sup>”.

<sup>57</sup> Packet Data Protocol.

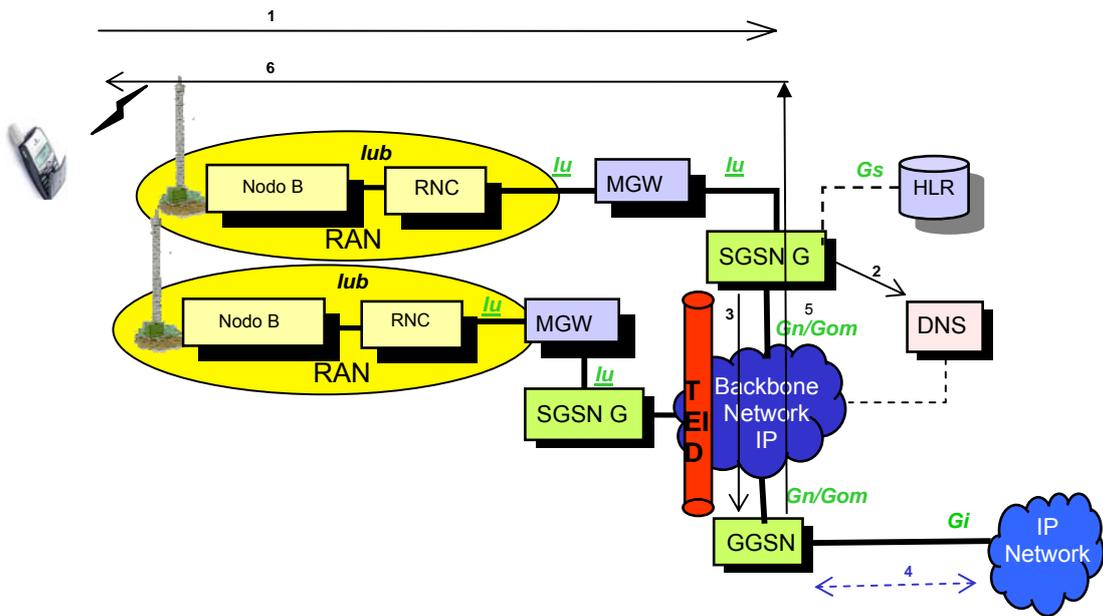
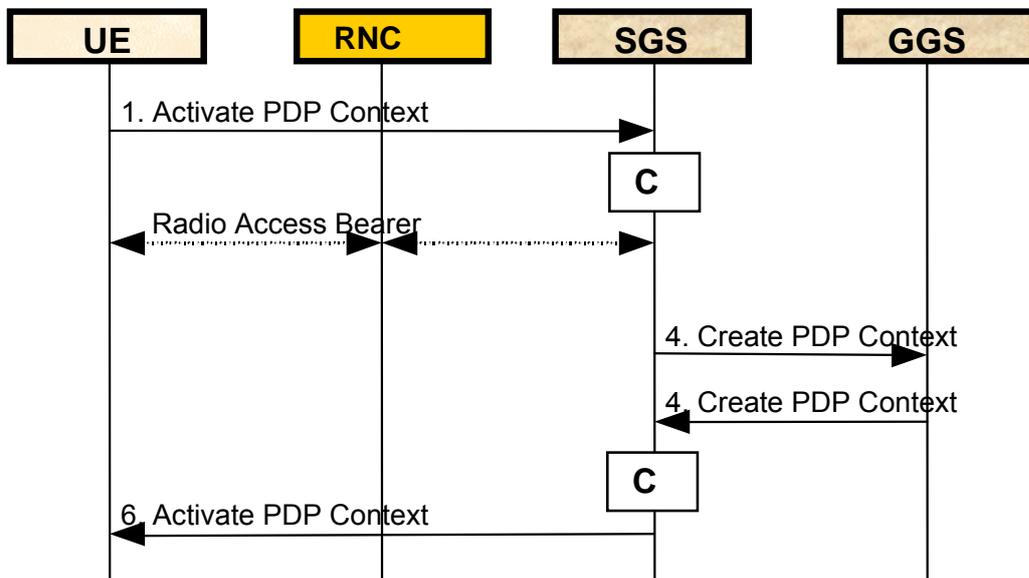


Fig. 7.6



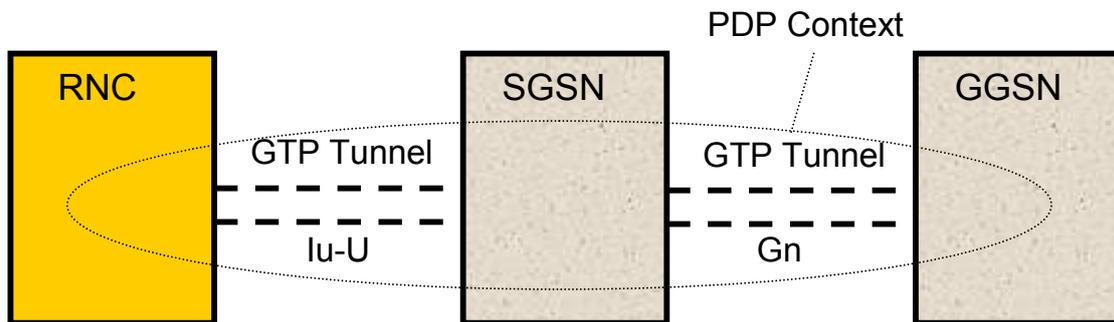


Fig. 7.7

Posteriormente se proporciona un servicio RAB<sup>58</sup> para transmitir el servicio al usuario.

---

<sup>58</sup> Un RAB (Radio Access Bearer) es el servicio que la red UTRAN proporciona a las capas superiores de la torre de protocolos (gestión de movilidad, gestión de sesión...) para la transferencia de datos de usuario entre el terminal y la red. Es la RNC la que controla ese servicio en UTRAN. El UTRAN por su parte está constituido por uno o varios RNS, donde cada uno contiene una RNC y uno o varios nodos B.

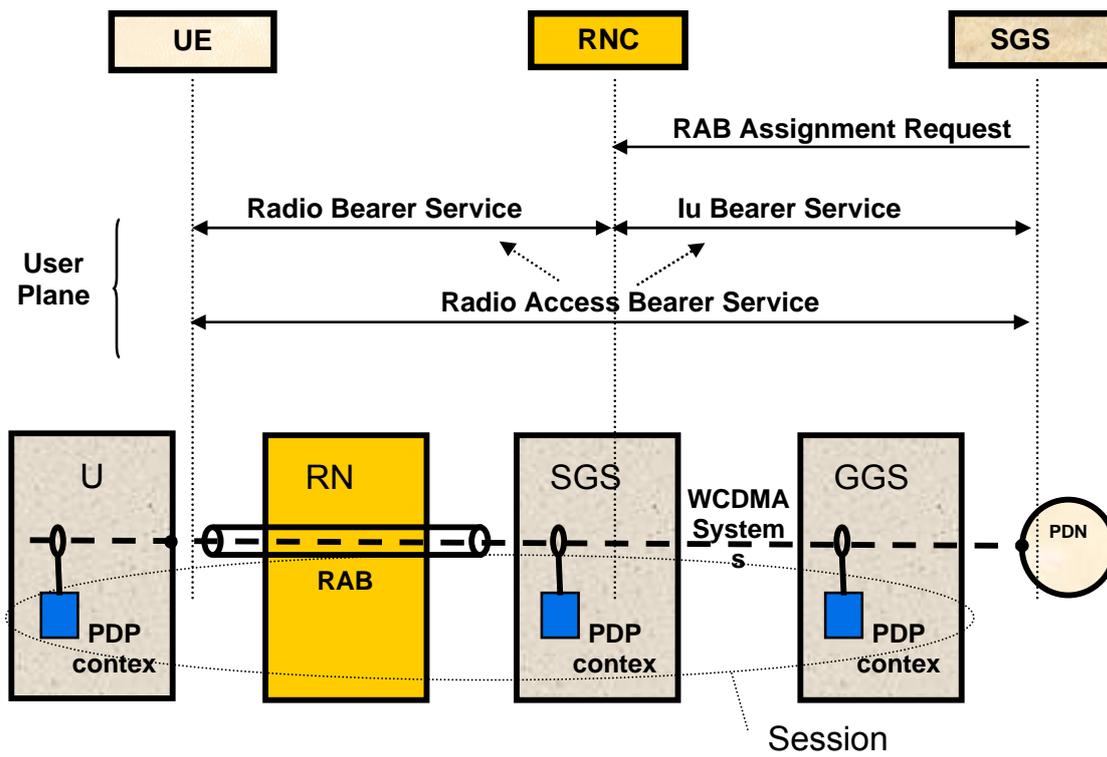


Fig. 7.8

### Procedimiento de iniciación de requisición de servicio.

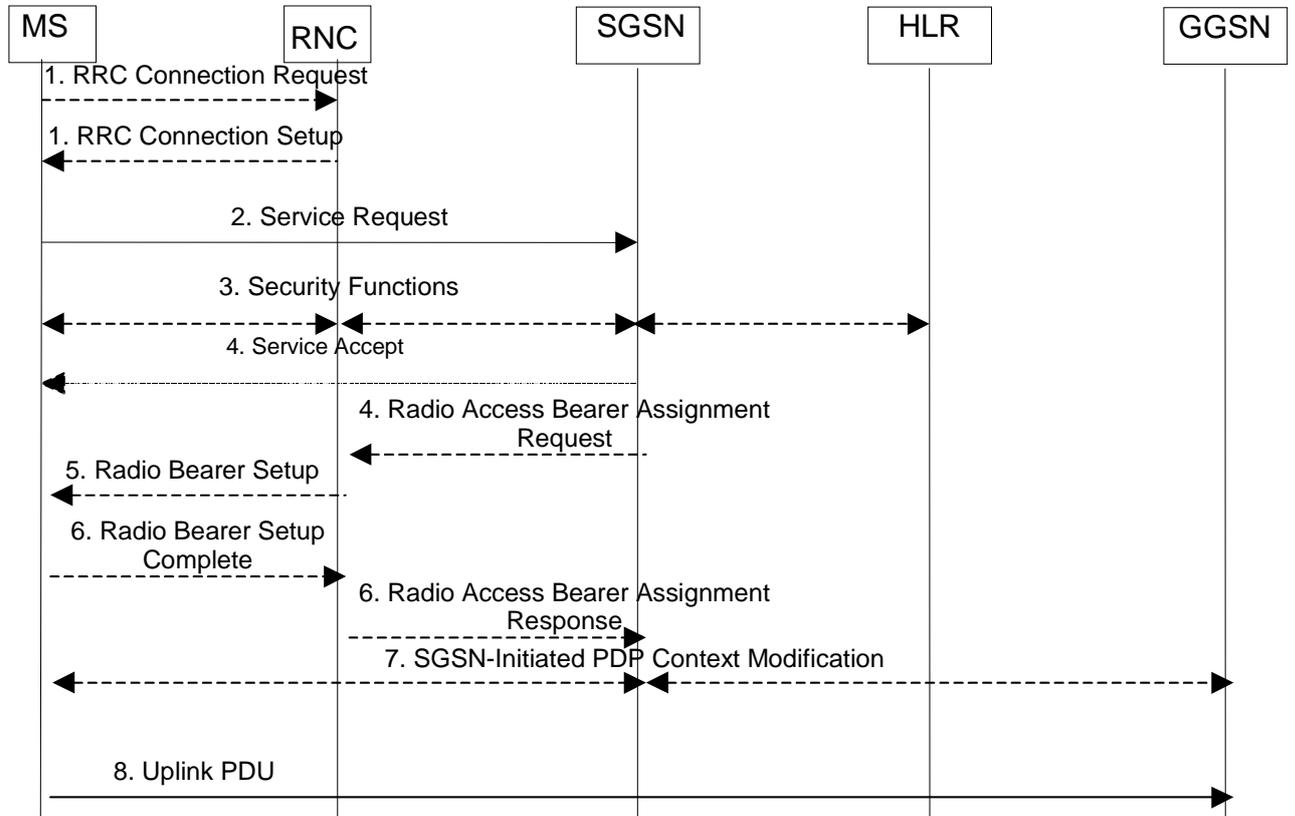


Fig. 7.9

**Procedimiento de iniciación de requisición de servicio en la red.**

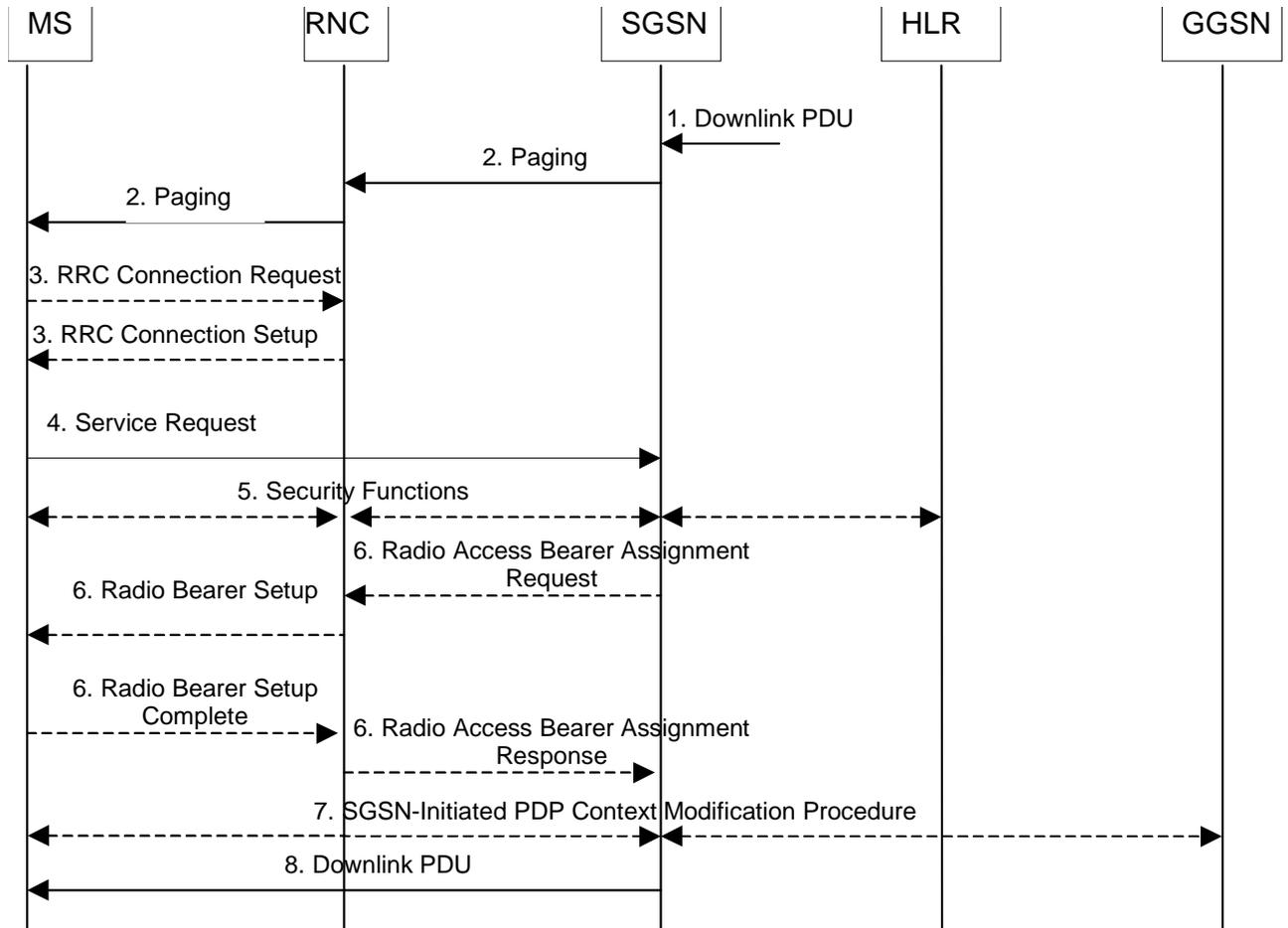


Fig. 7.10

## **8. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE STREAMING.**

La implementación del servicio de streaming se convertirá en un negocio muy rentable para los operadores de telefonía celular y para los dueños de los contenidos (televisoras, productoras de cine, estaciones de radio, etc) quienes compartirán un objetivo común, proveer a los usuarios con los servicios móviles de más alta calidad, pues los dueños de los contenidos verán en los operadores una vía excelente para aumentar la distribución de sus canales y los operadores requerirán de los mejores contenidos a ofrecer al usuario, con esto, reforzarán y mantendrán su imagen al posicionarlos como vanguardistas e innovadores.

Como consecuencia, incrementarán los beneficios económicos de las empresas por la generación de ingresos por suscripción y uso del servicio.

### **Beneficios técnicos:**

- Integración transparente: Ya que el CDS es totalmente compatible con la tecnología utilizada en las redes de telefonía celular 3G, esto bajaría los costos de integración en un 50% a 70%.
- Alta disponibilidad: La mayoría de los equipos terminales tiende a soportar códigos y protocolos que cumplen con 3GPP, y como tal, tienen la habilidad de elegir entre diferentes servidores de streaming para proteger al operador en caso de que se bloquee el servidor de streaming en uso.
- Alta calidad de componentes: El CDS está conformado con tecnología SUN, hardware y software especial en infraestructura IP.
- Alta escalabilidad: El CDS soporta hasta 10 000 tramas simultáneas con capacidad a expandirse.
- QoS en la interfaz de aire: Algunas de las funcionalidades implementadas en el CDS para lograr la entrega de los contenidos multimedia de manera suave y transparente a los usuarios son la adaptación de la tasa de transmisión, el control de ancho de banda y la retroalimentación de la red.
- Integración a prepago: Ya que como se sabe representa entre el 90 y 95% de los suscriptores en las redes de telefonía celular.
- Compatibilidad entre el contenido y la terminal: El CDS soporta todos los estándares requeridos (3GPP, Apple, Real), asegurando con esto que trabajará con el 100% del contenido generado por el 100% de las terminales lanzada al mercado.
- Codificación automatizada: Posible a través de la funcionalidad del motor de compresión, lo que permite codificación de alta velocidad.

### **8.1 Compatibilidad tecnológica**

El CDS CORE (a través de su componente NIN) está diseñado para ser una red independiente y debe trabajar sobre cualquier red que provea conectividad IP.

Sin embargo, el CDS CORE principalmente trata la necesidad por los operadores móviles de soportar servicios de streaming que requieren Sing-On, control de la calidad en la entrega, y charging. El CDS CORE ha sido verificado sobre:

- GSM R8, R9, R10
- Core Network P3
- CDMA
- WCDMA
- WCDMA CS R2 y R3

### **8.1.1 Compatibilidad con estándares.**

El CDS está construido de acuerdo a los estándares globales más recientes y de plataformas abiertas de los líderes fabricantes en el mundo. (3GPP, PSS, RTSP, RTP). Almacena y entrega contenido multimedia de 3GPP como RealMedia, Apple Quick Time y formatos Microsoft Windows Media, es decir utiliza todos los protocolos aplicables basados en IP definidos por 3GPP así como RDT (RealNetworks Data Transport).

Eáte también esta adherido a estandares globales, cumple con el procedimiento SSO (Single Sign-On) y la Liberty Alliance standards. Usa protocolos del estandar IETF, para transferir archivos (FTP), para administración (SNMP, HTTP), para aprovisionamiento (LDAP), para autenticación (LDAP/RADIUS), para charging on-line (Diameter), etc.

### **8.2 Propuesta económica.**

Funcionalidad básica:

- Vídeo en tiempo real (canales comerciales de TV)
- Vídeo bajo demanda
- Vídeo de camaras fijas.

Servicios incluidos:

- Integración del subsistema prepago del operador
- Integración del subsistema postpago del operador
- Integración del subsistema de aprovisionamiento del operador
- Instalación del hardware para la plataforma en sitio

Plan de implementación:

El tiempo será acordado entre las partes involucradas. Se muestra propuesta del Time Plan en el tema 5.14.

Condiciones comerciales:

A continuación se considera un costo aproximado de la inversión para la implementación del sistema que brindaría el servicio de streaming; tomando naturalmente, el modelo de CDS propuesto en el capítulo anterior.

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO
1	Licencias para 1500 Sesiones Concurrentes	
2	HW para Soportar 1500 Sesiones Concurrentes	
4	Integración con Prepago	
5	Integración con Pospago	
6	Integración con Aprovisionamiento	
		\$ 3,147,973.50

Nota: el precio está en USD.

Tabla 18.

### 8.3 Comparativo Tecnológico.

Más de 40 operadores han lanzado servicios móviles de TV sobre celular, ofreciendo desde 5 hasta 50 canales y diferentes contenidos, incluyendo video clips.

Los modelos de precios más dominantes son el pago por uso y los planes mensuales con tarifas establecidas, que van desde 0.29 a 2.05 USD/min. y desde 6.85 hasta 24.66 USD/mes, venta de clips de entre 1.37 a 2.74 USD/pcs. Por ejemplo Orange ofrece demos gratuitos de siete días y después los cobra en 13.7 USD/mes por hasta 20 hrs. y 3UK ofrece MobiTV por 6.85 USD al mes.

Y la utilización de estos servicios va de más de un millón de tramas, Vodafone UK, en su lanzamiento de las primeras dos semanas de servicio gratuito. LiveTV cuentas por 66% y video bajo demanda por 33% de sesiones de vídeo por SFR en Francia, 100 000 usuarios, 20% de penetración. Orange Francia sobre 50% de usuarios 3G, 250 000 suscriptores usando mobile TV en promedio de 35 min. por mes. Orange UK, 10 000 suscripciones para servicios de mobile TV/streaming, 3000 activos con hasta 3000 usuarios concurrentes. 3UK sobre 4 millones de pagos por realities de clips de TV descargados en 5 meses.

La tecnología cliente para streaming RealNetwork's actualmente se encuentra distribuida en más de 70 millones de equipos alrededor del mundo, además de que la solución de streaming RealNetwork's ha sido desarrollada en más de 90 operadores en el mundo, incluyendo los siguientes:

Vodafone: El grupo operador móvil más grande a nivel internacional, estandarizado en la infraestructura de productos Helix Mobile en 2003. Muchos de los más grandes operadores de la familia han desarrollado servicios de streaming y han expandido en ofrecer servicios móviles de TV muy avanzados, de hasta 80 canales.

Singular Wireless (USA): Soporta servicios de vídeo móvil completamente "hosted".

Siprint (USA): Ofrece el servicio de streaming Real's TV Video/Audio.

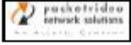
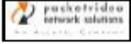
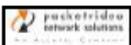
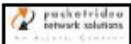
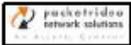
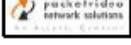
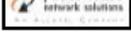
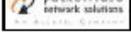
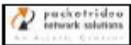
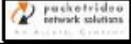
Scandinavia: Lanzó servicios de TV móvil incluyendo hasta 20 canales vivos y simultáneos, todo basado en su infraestructura Helix Mobile. Además ofrecen contenido streaming VOD.

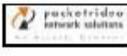
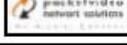
Spain: Telco con operadores móviles en Alemania, UK, Irlanda y Latino América. Varios de los operadores móviles de ésta familia han basado sus servicios de streaming en productos de infraestructura Helix Mobile. El operador más grande de la familia, basado en Spain, ha expandido recientemente sus servicios de TV móvil para incluir 18 canales de contenido vivo, cada uno codificado en varias velocidades de transmisión y formatos.

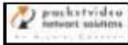
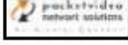
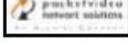
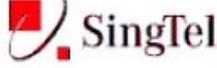
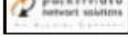
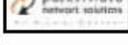
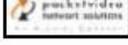
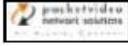
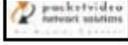
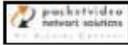
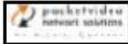
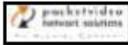
SMART: SMART es el proveedor líder de servicios inalámbricos en Filipinas con 20.4 millones de suscriptores en su red GSM a Diciembre del 2005.

ERICSSON: ERICSSON ha trabajado en investigación del servicio de streaming desde 1998, inició su actividad de estandarización PSS en 3GPP en el año 2000 (en conjunto con Nokia, Panasonic, etc.), vendió su solución de integración de Streaming en el año 2001, lanzó solución de Streaming "hosted" en el año 2004, hoy en día Ericsson es proveedor líder en la integración de soluciones de TV&Vídeo y ganó más de 34 contratos en TV Móvil incluyendo 3 en Italia, 2 en Australia (Singtel Optus y Telstra), 2 en España (Telefónica Móviles y Amena), Wataniya en Kuwait, FarEas Tone en Taiwán, TIM en Italia, SingleTel en Singapore, Mobitel en Slovenia, Mobtel en Serbia, Celcom en Malasia, SmartTone en Hong Kong, Geocell en Georgia, T-mobile (Westel) en Hungary, Eircsoos ha proveído a América Mpvil con varios demos entre sus subsidiarias, algunos ejemplos son, Telcel México, Corcel Colombia, Porta Ecuador y Claro Brasil.

ALCATEL: Ha adquirido experiencia en servicios de streaming trabajando con sus clientes:

Country	Operator	Description	Reference owners
Japan		Commercial Reference – W-CDMA/FOMA <b>FOMA V-Live:</b> streaming of both live and archived content to FOMA phones and PHS-connected PDAs. <b>Content:</b> music, sports, news, animation, and tourist information	
Singapore		Mobile Interactive Music E2E Solution	
France		Commercial Reference – GPRS 3G Pilot – Ville Orange UMTS	
Romania		Commercial Reference – GPRS/EDGE (not launched yet)	
UK		Commercial Reference – GPRS and UMTS	
Slovakia		Commercial Reference – GPRS	
Dominican Republic		Commercial Reference – GPRS Using centralized platform in France	
Caribbean		Commercial Reference – GPRS Using centralized platform in France	
Austria		Commercial Reference – GPRS <b>One Smile:</b> entertainment and information service including News, weather with panoramic views of ski resorts, sport - soccer, adult	
			
Austria		Commercial Reference - UMTS Delivery of pre-recorded video clips, music videos, and movie trailers +live streamed camera content	

Germany		Commercial Reference - GPRS content services streaming to PocketPC PDA devices "t-zones" including news, information, sports, games and music	
Czech Rep		Commercial Reference - GPRS	
Hong Kong		Commercial Reference - GPRS Video streaming home surveillance service using Nokia 7650	
Hungary		Commercial Reference - GPRS Video streaming of video clips, trailers GPRS devices with pvPlayer	
Turkey		Commercial Reference – GPRS News, TV, movie trailers, live traffic cameras services include currently 2 TV stations and live traffic	
Finland		Distributed by Sony Net Services	
El Salvador		Commercial Reference – GPRS	
Hong Kong		Commercial Reference – GPRS News, TV, movie trailers, live traffic cameras services include currently 2 TV stations and live traffic	
Chile		Commercial Reference – EDGE	
United States		Content Provider	
United States		Security	
Switzerland		Banking	
UAE		UMTS	

Mexico		Commercial Reference – GPRS	
Venezuela		Commercial Reference – GPRS	
Colombia		Commercial Reference – GPRS	
Singapore		Commercial Reference – GPRS/UMTS	
Singapore		Commercial Reference – GPRS/UMTS	
Taiwan		Commercial Reference – GPRS/UMTS	
France		Commercial Reference – GPRS/EDGE	
Malta		Commercial Reference – GPRS/EDGE Live TV	
Greece		Commercial Reference – GPRS/EDGE	
South Africa		Commercial Reference – GPRS/UMTS VOD and live cameras	
Mexico		Commercial Reference – UMTS Live TV	

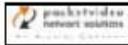
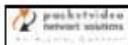
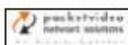
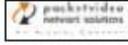
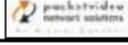
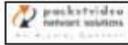
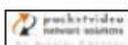
Algeria		Demo/Trial Reference – EDGE	
Malaysia		Trial Reference – 3G (TM3G)	
Tunisia		Trial Reference – UMTS	
French Polynesia		3G/UMTS Pilot	
Indonesia	CAC	3G/UMTS trial	
US			
Brazil		CDMA EV-DO	

Tabla 19.

A continuación un comparativo de servicios de streaming que brindan los diferentes operadores:

Tabla 20

País	Operador	Equipos	Precios		Otros
			Mensual	Adicional	
FR		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nokia 6680, 6630, N70.</li> <li>• Samsung D500, D600, E350, E360</li> <li>• Sagem Myx5</li> <li>• BlackBerry 8700</li> <li>• SonyEricsson W600</li> </ul>	8.2 USD = volumen 10 Mb ó Duración 10 hr ó WiFi 30 min	Por volumen 0,008 USD/10Kb Por duración 0,01 USD/min WiFi 0,27 USD/min	
			13.7 USD = volumen 25 Mb ó Duración 25 hr ó WiFi 1 hr * Fines de semana ilimitados	Por volumen 0, 0.0053 USD/10Kb Por duración 0, 0.0091 USD/min WiFi 0.228 USD/min	
			27.4 USD = volumen 60 Mb ó Duración 60 hr ó WiFi 2.5 hr * Fines de semana ilimitados	Por volumen 0.0045 USD/10Kb Por duración 0.00766 USD/min WiFi 0.1824 USD/min	
			41.1 USD = volumen 150 Mb ó Duración 150 hr ó WiFi 6 hr * Fines de <u>semana</u> ilimitados	Por volumen 0.0027 USD/10Kb Por duración 0.0045 USD/min WiFi 0.114 USD/min	
UK		<p>Motorola V3x Sony Ericsson W900i, V600i Nokia N70, 6680 Samsung Z500</p>	Se ofrecen diferentes paquetes de programación que van de las 4.1 USD a 6.8 USD por mes con acceso ilimitado.		
UK		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nokia 6680, 6630, N70.</li> <li>• Samsung D500, D600, E350, E360</li> <li>• Sagem Myx5</li> <li>• BlackBerry 8700</li> <li>• SonyEricsson W600</li> </ul>	<p>Tarifa mensual 13.7 USD / 1 Gb incluido.</p> <p>50p / Mb adicional.</p>		
ESP		Información no disponible	<p>Pago por descarga y streaming: 1.37 USD + 0.41 USD euros por sesión</p> <p>Tráfico de navegación y tráfico generado por descargas durante la sesión, están incluidos</p> <p>Hasta el 17 de septiembre 2006, 0.41 USD por cada acceso sin límite de tiempo, y desde el 17 de septiembre 2006, 0.41 USD por cada sesión de 10 minutos de navegación.</p>		
USA		Terminales 3G	<p>Tarifa mensual \$ 19.99 USD/ tráfico ilimitado.</p> <p>\$ 2.99 – 4.99 mensuales por canales Premium</p>		202

## CONCLUSIONES.

Dado que éste trabajo de tesis tiene como objetivo “proporcionar una solución para el servicio de vídeo streaming en una red telefónica 3G”, explicaremos en breve cómo es que a lo largo y a la culminación del trabajo presentado, se cumplió, pues los resultados esperados de optimización de recursos, al demostrar que se pueden utilizar los recursos del operador cuya red es una red 3G, de fomento de competitividad, al anunciar el comparativo tecnológico reflejado en los servicios ofrecidos por diferentes operadores a nivel mundial, de evitar que el operador caiga en la obsolescencia tecnológica logrando una mejora del sistema reflejada directamente en los ingresos económicos del sistema, pues la inversión se recupera en un breve lapso de tiempo, se cumplieron al 100%, dejándonos a la vista los siguientes beneficios al implementar el CDS:

Los operadores entregarán contenidos multimedia a los usuarios ofreciéndoles una experiencia más abundante, pues les permitirá:

- Gozar de una nueva experiencia de video que no es posible con ninguno de los actuales servicios de descargas, que ofrecen contenidos muy breves y de baja calidad, es decir recibirá y reproducirá video en su teléfono de forma directa en el instante en que es emitido o producido y sin tener que descargarlo, guardarlo y posteriormente reproducirlo (películas, conciertos, eventos deportivos, congresos y conferencias, video Chat, etc.)
- Tener acceso a información “fresca” proveniente de los canales en tiempo real desde su teléfono, es decir, tendrá la programación de sus canales de televisión predilectos, elegirá contenido que se encuentra clasificado en diferentes categorías de interés; noticias, deportes, caricaturas, espectáculos, etc., permitiéndole así visualizar el contenido de acuerdo a su preferencia, podrá solicitar el contenido proveniente de cámaras fijas públicas instaladas en lugares de interés tales como avenidas principales, casetas de peaje, sitios turísticos, bares, antros etc.
- Disfrutar del contenido de TV en lugares donde tradicionalmente no podría hacerlo, por ejemplo mientras se desplaza de un lugar a otro, mientras espera en algún sitio, en los tiempos muertos de sus actividades, etc.

Dado que el servicio es fácil de utilizar por el usuario, pues la visualización de canales y contenidos es sencilla e intuitiva, el operador reforzará su imagen al posicionarse como empresa vanguardista e innovadora y podrá personalizar su servicio al ofrecer contenidos cuya naturaleza permita solo sean reproducidos a través de Streaming, generando un diferenciador contra las descargas de video clips, también podrá elegir la comercialización del servicio mediante la determinación de las tarifas que le convengan, generando ingresos a la empresa no solo por suscripción y uso del servicio, sino también a compañías de TV, productoras de cine, emisoras de radio etc., interesadas en ampliar sus vías de distribución con el objetivo de guardar lealtad del cliente,

mostrando su ventaja competitiva a los usuarios haciendo mas probable el quedarse con el operador de su elección esto es, con el ofrecimiento de nuevos servicios excitantes de buena calidad, no sólo reducirá el vuelco, sino también incrementará la base del cliente, pues el CDS ofrece las siguientes bondades:

El CDS core puede identificar autorizar y monitorear los usuarios antes de proveerles el servicio, llevar estadísticas de números de usuarios totales por día, números de paquetes enviados, paquetes recibidos por suscriptor así como paquetes perdidos por sesión y modelo de la Terminal usada por el usuario.

El CDS implementa un menú de contenidos (en una estructura jerárquica de árbol) y el cliente desplegará una lista de contenidos o íconos de contenidos en la pantalla, navegará fácilmente a través de éstas y escogerá un contenido específico para reproducirlo.

*El CDS cuenta con Billing y Charging.* La integración del Sistema de Charging será a través del protocolo Diameter. El sistema de Charging en el SDP conforma la base de datos de los suscriptores y la información de sus cuentas, así como ejecuta el análisis de charging de las llamadas de prepago. CDS soporta a través del NIN dos opciones de charging, on line y offline.

El acceso a la plataforma CDS se realizará a través de una conexión IP dedicada desde la red 3G hasta dicha plataforma. El ancho de banda esta determinado por la cantidad de usuarios simultáneos que acensarán al sistema.

*El NIN (Network Integration Node),* puede ser utilizado como base para integrar tecnología de vídeo streaming en el ambiente de operadores móviles. NIN sirve como un Proxy, y por ello tiene un módulo de protocolo Core, por tanto, NIN es responsable de la administración de sesión, de canal, control de tráfico adaptaciones de QoS. Una de las principales responsabilidades de NIN es administrar canales para el selector de canal PS y CS, éste selector de canal, permite al usuario navegar a través de un grupo de contenidos multimedia, dándole la misma experiencia que al manipular los canales de TV.

La capacidad del sistema no esta basada en el numero de suscriptores sino en el numero de sesiones concurrentes, por lo que no hay un limite máximo de suscriptores que se encuentra limitado por el NIN el cual es capaz de mantener 250 sesiones simultáneos, sin embargo, se pueden utilizar los NIN que sean necesarios para la demanda de usuarios concurrentes.

El único punto de integración que se tendrá será a la Red IP, a través del punto de acceso a Internet (APN, Access Point Network) desde el nodo GGSN a la plataforma CDS.

El Sistema CDS es un sistema escalable, éste usa hardware SUN y sistema operativo Solaris 9. Esta aproximación estandarizada permite una instalación rápida, soporte y expansión del sistema.

Con lo anterior, queremos resaltar que la implementación del CDS es segura, no causa conflictos de compatibilidad y por ende el impacto en la red 3G es menor, es decir, trae consigo un sin número de beneficios que no pueden ignorarse por los grandes y medianos operadores celulares de la telefonía celular, pues les podría valer la pérdida de suscriptores, que al no sentirse satisfechos, contratarían un servicio integral de comunicación que no solo cumpla sus grandes expectativas de comunicación sino que las supere, ese grado de superación lo define cada operador, pero sin duda, una parte de ello lo conforma este servicio innovador de vídeo streaming; en palabras más sencillas, los operadores obtendrán un mayor número de suscriptores (atraídos por el servicio de vídeo streaming) y por consiguiente una mayor ganancia económica y de posicionamiento competitivo en el mercado, los suscriptores se sentirán no solo satisfechos sino también deleitados.

## **ANEXO 1.**

### **IMT-2000**

Telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT-2000) es el estándar global para las comunicaciones sin hilos de 3G, definidas por un sistema de recomendaciones interdependientes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU. IMT-2000 proporciona un marco para el acceso mundial sin hilos ligando los sistemas diversos de redes terrestres y redes satelitales.

La **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)** es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

Está compuesta por tres sectores:

UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT).

UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR).

UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

La sede la UIT se encuentra en Ginebra (Suiza).

En general, la normativa generada por la UIT está contenida en un amplio conjunto de documentos denominados *Recomendaciones*, agrupados por Series.

Cada serie está compuesta por las Recomendaciones correspondientes a un mismo tema, por ejemplo Tarificación, Mantenimiento, etc.

Aunque en las Recomendaciones nunca se "ordena", solo se "recomienda", su contenido, a nivel de relaciones internacionales, es considerado como mandatorio por las Administraciones y Empresas Operadoras.

Universal Mobile Telecommunications System.

### **UMTS**

**Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)** es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación (3G). Sucesor de GSM, también llamado W-CDMA.

## **Principales características.**

UMTS permite introducir muchos más usuarios a la red global del sistema, y además permite incrementar la velocidad a 2 Mbps por usuario móvil. Está siendo desarrollado por 3GPP (3rd Generation Partnership Project), un proyecto común en el que colaboran: ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), ANSI T-1 (USA), TTA (Corea), CWTS (China). Para alcanzar la aceptación global, 3GPP va introduciendo UMTS por fases y versiones anuales. La primera fue en 1999, describía transiciones desde redes GSM. En el 2000, se describió transiciones desde IS-95 y TDMA.

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

Facilidad de uso y bajos costos: UMTS proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo coste de los servicios para asegurar un mercado masivo.

Nuevos y mejorados servicios: Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información. Las proyecciones muestran una base de abonados de servicios multimedia en fuerte crecimiento hacia el año 2010, lo que posibilita también servicios multimedia de alta calidad en áreas carentes de estas posibilidades en la red fija, como zonas de difícil acceso.

Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 17.2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.

## **Arquitectura del sistema UMTS.**

La estructura de redes UMTS esta compuesta por dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera es la encargada de sustentar el transvase de información entre los extremos de una conexión. La segunda tiene como misiones la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, el registro y definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, así como la operación de los elementos de la red, con el fin ya de asegurar el correcto funcionamiento de ésta, la detección y resolución de averías o anomalías, o también la recuperación del funcionamiento tras periodos de apagado o desconexión de algunos de sus elementos.

Dentro de este apartado vamos a analizar sólo la primera de las dos subredes, esto es, la de telecomunicaciones.

UMTS usa una comunicación terrestre basada en una interface de radio W-CDMA, conocida como UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA). Soporta división de tiempo duplex (TDD) y división de frecuencia duplex (FDD). Ambos modelos ofrecen ratios de información de hasta 2 Mbps.

Una red UMTS se compone de los siguientes elementos:

Núcleo de Red (Core Network). El Núcleo de Red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El encaminamiento reside en las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

Red de acceso radio (UTRAN). La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Core Network. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de sistemas de red radio o RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B dependientes de él. Los Nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base.

Terminales móviles. Las especificaciones UMTS usan el término User Equipment (UE).

Parte también de esta estructura serían las redes de transmisión empleadas para enlazar lo diferentes elementos que la integran.

Un ejemplo de una conexión a la red UMTS desde un terminal sería el que se explica con el siguiente diagrama:

Partimos de nuestro dispositivo 3G ya sea un teléfono móvil o una tarjeta para ordenadores compatible con esta red, nuestros datos llegan al **NodoB** que es el encargado de recoger las señales emitidas por los terminales y pasan al **RNC** para ser procesadas estos dos componentes es lo que llamamos **UTRAN**, desde el UTRAN pasa al Núcleo de la red que está dividido en conmutadores que distribuyen los datos por los diferentes sistemas, según vayan a uno u a otro seguirán el camino de la imagen pasando por el **MSC** (Mobile services Switching Centre), o por el **SGSN** y posteriormente por el **GGSN**.  
W-CDMA.

## **ANEXO 2.**

### **Vídeo digital.**

La digitalización de una señal de video tiene lugar en tres pasos: Muestreo, cuantificación y codificación.

#### **Muestreo.**

Sea una señal análoga  $e(t)$  como la representada en el Figura A. Se toman muestras breves de  $e(t)$  cada  $15^\circ$  a partir de  $t=0$ . En  $360^\circ$  se habrán explorado 24 muestras.

El resultado será una serie de impulsos cortos cuyas amplitudes siguen a la señal análoga. A este tren de impulsos modulados en amplitud por la señal análoga se le denomina señal PAM (Pulse Amplitude Modulation o Modulación por Amplitud de Pulsos).

Este muestreo puede representarse por la multiplicación de la señal análoga  $e(t)$  por un tren de impulsos  $u(t)$ , dando por resultado la señal de la parte inferior de la Figura A.

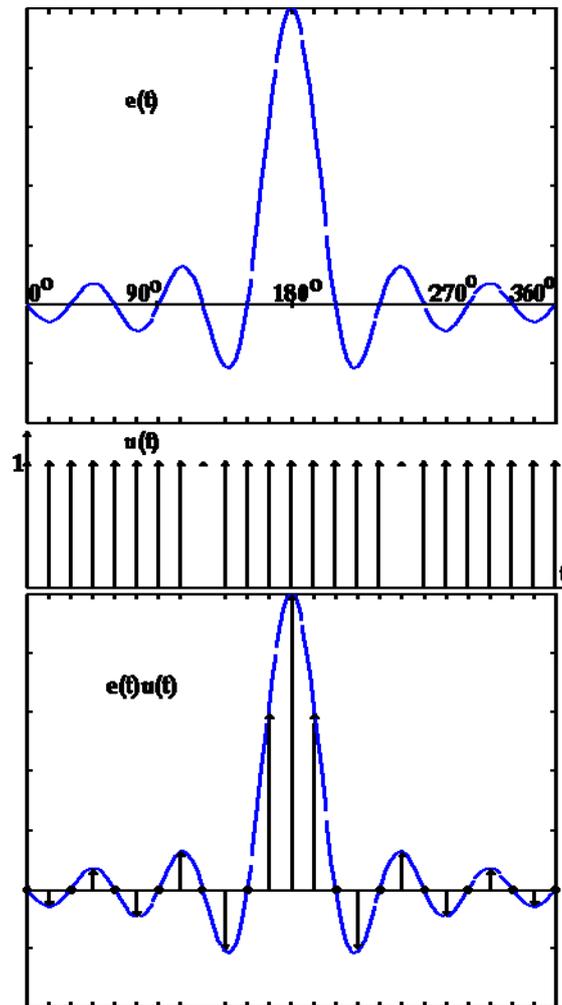


Figura A Muestreo de una señal análoga  $e(t)$  por un tren de impulsos  $u(t)$ .

Ahora bien, una señal de video está compuesta por un gran número de frecuencias formando un espectro continuo que va desde 0 a unos 5 MHz como se representa en la Figura B.

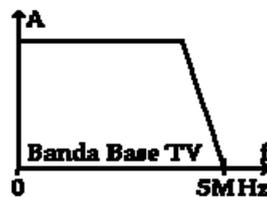


Figura B. Banda base de la señal de video.

Al muestrear esta señal, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superiores e inferiores de cada armónico de la frecuencia de muestreo, incluyendo naturalmente la banda base, esto es, el armónico cero.

El espectro de la señal muestreada se presentará por tanto, como se ve en la Figura C. De esta misma figura se deduce una condición elemental que debe cumplirse: que  $f_0 > 2f_s$  para que la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo y la banda base no se superpongan.

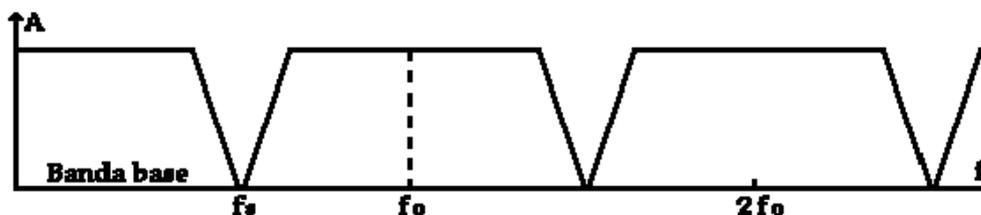


Figura C. Espectro de una señal de video muestreada a la frecuencia  $f_0$ .

### "Aliasing"

Este razonamiento fue deducido por Nyquist-Shannon, al establecer que para conseguir un muestreo-recuperación sin distorsión, se requiere que la frecuencia de muestreo  $f_0$  sea al menos dos veces más elevada que la frecuencia máxima presente en la señal análoga muestreada.

La recuperación de la banda base se realizaría con un filtro pasa bajo que corte todas las frecuencias superiores a  $f_0/2$ . De no cumplirse el teorema del muestreo de Nyquist, el filtro dejaría pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminantes de la banda base, que producirían solapamientos con las frecuencias más altas de la misma. Este efecto se denomina "aliasing" (ver la Figura D).

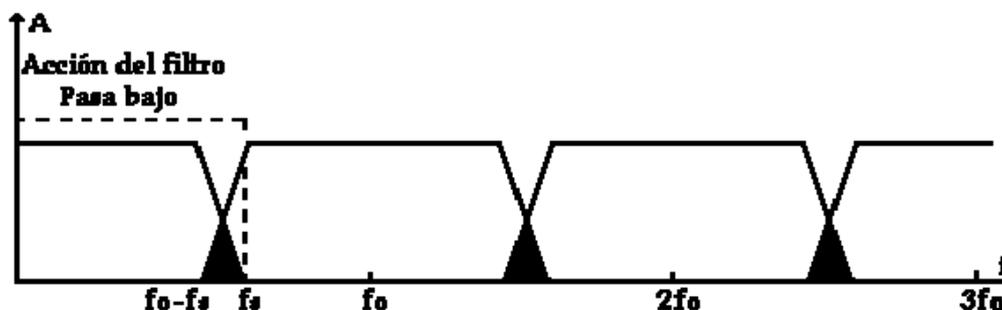


Figura D. Cuando la frecuencia de muestreo es  $f_0 < 2f_s$ .

Otro motivo de "aliasing" se produce cuando el filtro no está bien calculado y permite el paso de frecuencias de la banda lateral inferior, aunque no estén solapadas con la banda base (ver la Figura E).

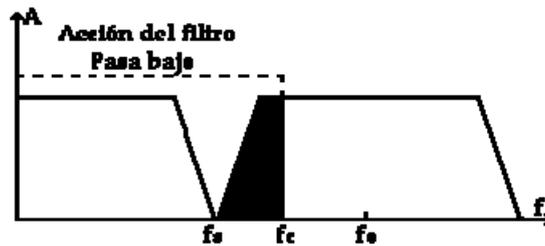


Figura E. Cuando la frecuencia de corte del filtro PB es superior a  $f_o - f_s$ .

### Cuantificación.

Así se denomina al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación.

Por razones de facilidad en los cálculos, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de dos y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad del ancho del nivel en que se encuentran.

El error que se produjo con estas aproximaciones equivale a sumar una señal errónea a los valores exactos de las muestras, como se ve en la Figura F.

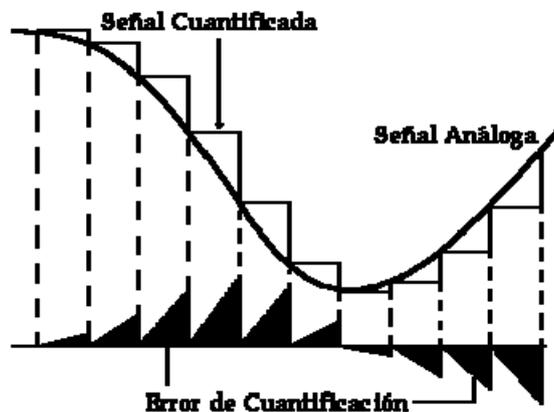


Figura F. Error de cuantificación.

Esta señal errónea aparecerá en el proceso de recuperación después de la decodificación digital-análoga, en forma de ruido visible. Se habla así de "ruido de cuantificación" que dependerá obviamente del número  $N$  de niveles empleados en el proceso. Cuantos más niveles existan menor será el ruido generado. La relación señal/ruido de cuantificación es:

$$\frac{S}{C} = (20 \log N + 10.8) \text{ dB}$$

De cuyo resultado se sacan las siguientes conclusiones:

La relación señal/ruido de cuantificación depende únicamente del número de niveles N en que se subdivide la excursión completa de la señal.

Existe un sumando constante 10.8 dB que tiene su origen en la misma definición de señal/ruido en televisión, donde se toma para la señal el valor pico a pico y para el ruido su valor eficaz.

Es evidente que usando codificación binaria resulta  $N = 2^m$ , donde m = número de bits, por tanto:

$$\frac{S}{C} = (6m + 10.8) dB$$

La ecuación anterior es válida para la digitalización de una señal monocroma o para cada componente de color.

Se adoptaron 8bits para la digitalización de la señal de video, por lo que la relación señal/ruido de cuantificación queda como:

$$\frac{S}{C} = 6(8) + 10.8 = 58.8 dB$$

### Codificación.

La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación. Puede usarse por ejemplo un código binario puro o un código de complemento a dos para aplicaciones locales. Pero cuando se trata de aplicaciones específicas, la codificación se convierte en un tema trascendente.

### Formatos de codificación.

Dos planteamientos aparentemente contradictorios se mantienen aún hoy día acerca de la digitalización de la señal de televisión en color:

La codificación de señales compuestas. Ver la Figura G.

La codificación de componentes. Ver la Figura H



Figura G. Codificación de la señal compuesta.

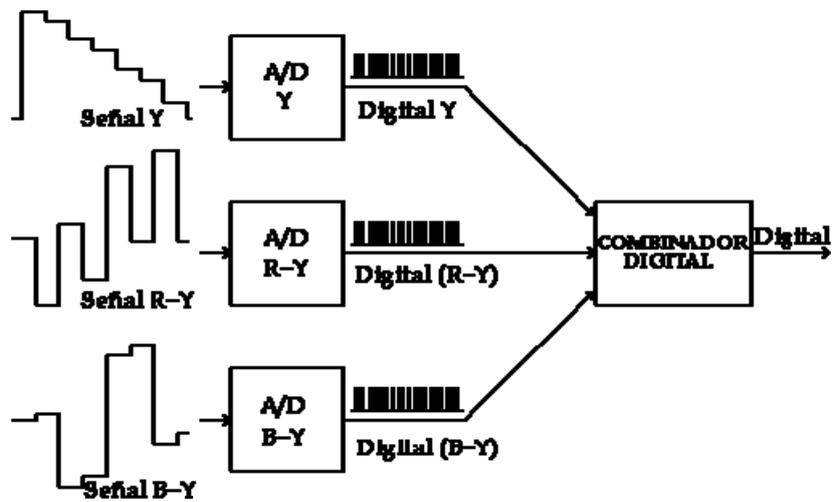


Figura H. Codificación de componentes.

### Codificación de las señales compuestas.

Esta propuesta consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Con ello persiste el problema de la incompatibilidad de las distintas normas internacionales, aun manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. La decodificación devolvería las señales NTSC, PAL o SECAM, respectivamente.

La ventaja fundamental de digitalizar la señal compuesta radica en que el equipo puede incluirse como una unidad mas a estudios análogos actualmente en servicio, sin necesidad de codificar o decodificar el NTSC, PAL o SECAM.

La Figura I muestra como opera el tratamiento de imágenes análogas durante la transición de la televisión análoga a digital, para el caso de codificación de señales compuestas.

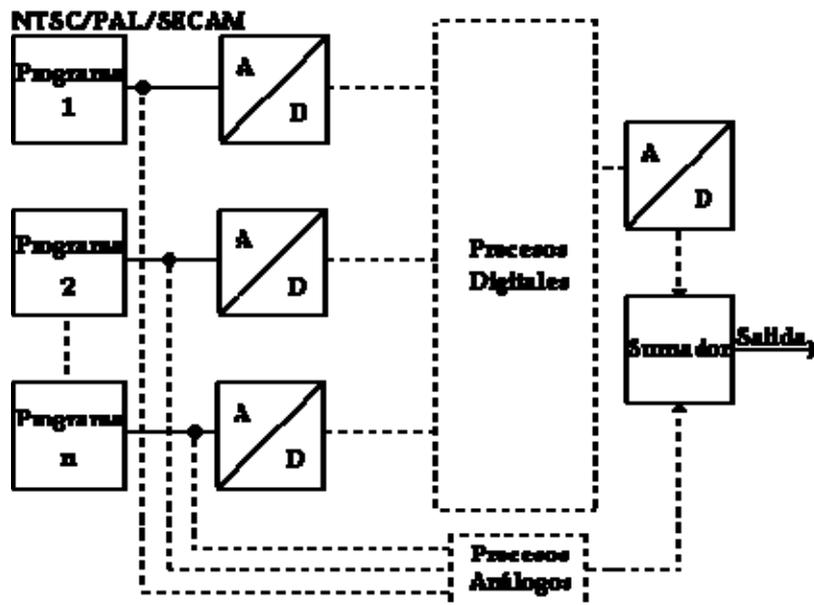


Figura I. Transición de análogo a digital de las señales compuestas.

Pasada la transición, la única ventaja que puede aportar la codificación de señales compuestas es el tratamiento de una señal única de video como ocurre actualmente en estudios análogos. Para los casos NTSC y PAL que modulan en amplitud a la subportadora de color, el fundido, mezcla y encadenado corresponderá a una sencilla multiplicación de todas las muestras por un factor situado entre 0 y 1. Pero en el caso del SECAM, es necesario descomponer primero la señal de video en sus componentes Y, R-Y, B-Y antes de la mezcla.

Este problema elimina esta ventaja para el SECAM.

Y en todo caso, cada fuente de video digital tendría que disponer de codificación y decodificación NTSC/PAL/SECAM, lo que representa una degradación de las imágenes por causa de los sucesivos procesos de codificación-decodificación.

### Codificación en componentes.

Por este método se digitalizan las tres señales Y,  $K_1(R-Y)$ ,  $K_2(B-Y)$  donde  $K_1$  y  $K_2$  son factores de ponderación que imponen el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderados de NTSC, PAL o SECAM.

La primera y gran ventaja que se deriva de esta codificación es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación. En tal sentido el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones) emitió en 1982 la norma 4:2:2 CCIR 601 de televisión digital en componentes.

La segunda ventaja de esta codificación es que una vez alcanzada la digitalización plena de la producción, sólo se requiere un paso final de conversión D/A y una codificación NTSC, PAL o SECAM según el sistema adoptado de transmisión.

Se añade a las ventajas ya señaladas que el tratamiento digital en componentes elimina los efectos perturbadores mutuos de luminancia y crominancia a la vez que en edición electrónica desaparecen los problemas derivados de la estructura de 4 y 8 campos NTSC y PAL respectivamente. Sólo habría de tenerse en cuenta la estructura de dos campos entrelazados como en televisión en blanco y negro.

### La norma CCIR 601 de televisión digital o norma 4:2:2.

Esta norma define los parámetros básicos del sistema de televisión digital que aseguran la mayor compatibilidad mundial.

Se basa en una señal Y, Cr, Cb en el formato llamado 4:2:2 (4 muestreos Y por 2 muestreos Cr y 2 muestreos Cb), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes.

Cualquiera que sea el estándar de barrido, la frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para la luminancia Y. Para las señales de crominancia Cr y Cb, dado su ancho de banda más limitado se muestrean a la mitad de la frecuencia de la luminancia, es decir, 6.75 MHz. Lo que se corresponde con una definición de 720 muestreos por línea en luminancia y de 360 muestreos por línea de crominancia, cuya posición coincide con la de los muestreos impares de luminancia. Ver la Figura J.

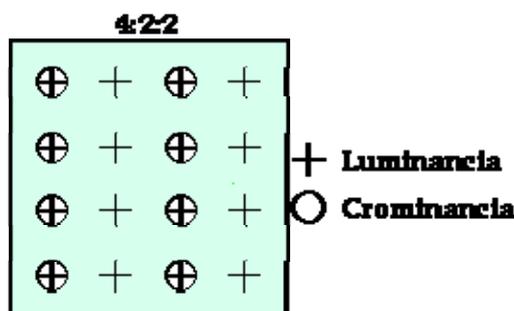


Figura J. Posición de los muestreos en el formato 4:2:2.

Para esta frecuencia de muestreo, el número de muestras por línea es de 864 y 858 para la luminancia y de 432 y 429 para las diferencias de color (sistema de 625 y 525 líneas respectivamente).

La estructura de muestreo es ortogonal, consecuencia de que la frecuencia de muestreo es un múltiplo entero de la frecuencia de líneas.

Las muestras de las señales diferencias de color se hacen coincidir con las muestras impares de la luminancia, o sea 1ª, 3ª, 5ª, etc.

El número de bits/muestra es de 8, tanto para la luminancia como para las señales diferencias de color, lo que corresponde a  $2^8$  niveles = 256 niveles de cuantificación.

La luminancia utiliza 220 niveles a partir del 16 que corresponde al nivel de negro, hasta el 235 correspondiente al nivel de blanco. Se acepta una pequeña reserva del 10% para la eventualidad de que ocurran sobremodulaciones. Ver la Figura K.

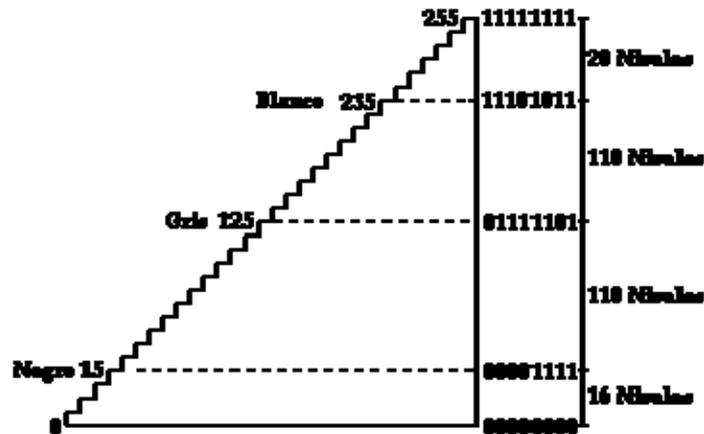


Figura K. Cuantificación de la señal de luminancia.

Para las señales diferencias de color se utilizan 224 niveles, que se reparten a ambos lados del cero análogo, que se hace corresponder con el número digital 128. Así pues, la señal variará entre los valores extremos  $128 + 112 = 240$  y  $128 - 112 = 16$ , con una reserva de 16 niveles a ambos lados. Ver la Figura L.

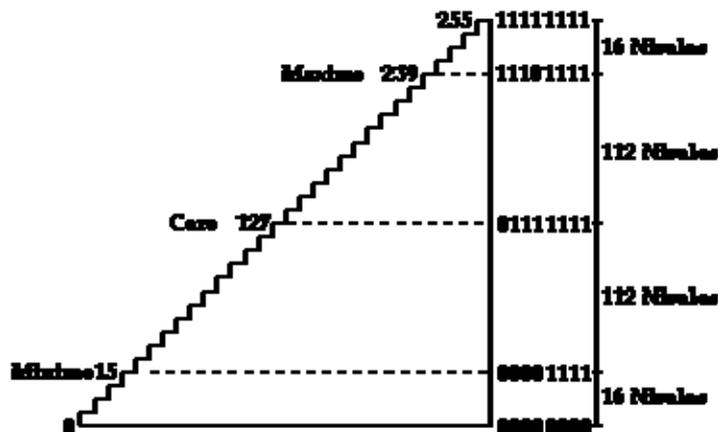


Figura L. Cuantificación de la señal de crominancia.

Dado que las señales Cr y Cb están disponibles simultáneamente en cada línea, la definición vertical es idéntica tanto para luminancia como para crominancia, y se corresponde con el número de líneas útiles del estándar de exploración de partida (480 para los estándares de 525 líneas, 576 para los de 625 líneas).

El flujo bruto resultante es:

$$(13.5 \times 8) + (2 \times 6.75 \times 8) = 216 \text{ Mbit/s (270 Mbit/s con 10 bits)}$$

Además, la digitalización de la parte útil de la señal de video solo requiere 166 Mbit/s, si se tiene en cuenta la inutilidad de digitalizar los intervalos de supresión del haz (también llamados "blanking") de línea y campo. Por tanto, estos tiempos libres pueden aprovecharse para transportar los canales de sonido digital, así como datos de servicio u otros.

A continuación se reproduce la norma 4:2:2 CCIR 601 en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros de la norma 4:2:2.

Parámetros	Sistemas	
	NTSC	PAL/SECAM
	525 líneas	625 líneas
	60 campos	50 campos
1. Señales codificadas	Y, Cr, Cb	
2. Número de muestras por línea completa		
Luminancia	858	864
Crominancia	429	432
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, estructura idéntica de todos los campos y cuadros. Las señales Cr y Cb se muestran simultáneamente con las muestras impares de la luminancia (1, 3, 5, etc.)	
4. Frecuencia de muestreo		
Luminancia	13.5 MHz	
Crominancia	6.75 MHz	

5. Codificación	Cuantificación lineal. Codificación con 8 bits por muestra para la luminancia y cada señal de crominancia.
6. Número de muestras activas por líneas digital:  Luminancia  Crominancia	  720  360
7. Correspondencia entre los niveles de video y de cuantificación:  Luminancia  Crominancia	  220 niveles de cuantificación. El nivel negro corresponde al número digital 16; el nivel nominal de blanco al número 235.  224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128.

### Introducción a la compresión de video.

La compresión de video surge de la necesidad de transmitir imágenes a través de un canal que contenga un ancho de banda aceptable. A continuación se examinarán cuales son los métodos más utilizados que permiten obtener este resultado, y las diferentes normas que se utilizan hoy día.

Estos métodos de compresión, recurren a los procedimientos generales de compresión de datos, aprovechando además la redundancia espacial de una imagen (áreas uniformes), la correlación entre puntos cercanos y la menor sensibilidad del ojo a los detalles finos de las imágenes fijas (JPEG) y, para imágenes animadas (MPEG), se saca provecho también de la redundancia temporal entre imágenes sucesivas.

La Figura M muestra que cuando las imágenes individuales son comprimidas sin referencia a las demás, el eje del tiempo no entra en el proceso de compresión, esto por lo tanto se denomina codificación intra (intra=dentro) o codificación espacial. A medida que la codificación espacial trata cada imagen independientemente, esta puede emplear ciertas técnicas de compresión desarrolladas para las imágenes fijas. El estándar de compresión ISO (International Standards Organization) JPEG (Joint Photographic Experts Group),

está en esta categoría. Donde una sucesión de imágenes codificadas en JPEG también se usan para la televisión, esto es llamado "JPEG en movimiento".

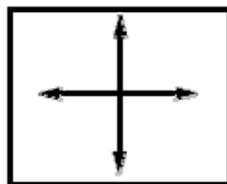


Figura M. Codificación intra o espacial, explora la redundancia dentro de la imagen.

Se pueden obtener grandes factores de compresión teniendo en cuenta la redundancia entre imágenes sucesivas. Esto involucra al eje del tiempo, la Figura N muestra esto. Este proceso se denomina codificación inter (inter = entre) o codificación temporal.

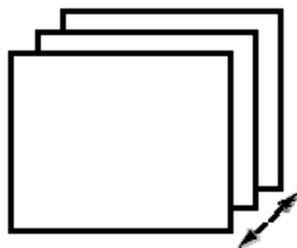


Figura N. Codificación inter o temporal, explora la redundancia entre imágenes.

La codificación temporal permite altos factores de compresión, pero con la desventaja de que una imagen individual existe en términos de la diferencia entre imágenes previas. Si una imagen previa es quitada en la edición, entonces los datos de diferencia pueden ser insuficientes para recrear la siguiente imagen. El estándar ISO MPEG (Motion Pictures Experts Group) utiliza esta técnica.

### **Codificación intra o espacial.**

Un análisis de las imágenes de televisión revela que existe un alto contenido de frecuencias espaciales debido al detalle en algunas áreas de la imagen, generando una cantidad pequeña de energía en tales frecuencias. A menudo las imágenes contienen considerables áreas en donde existen píxeles con un mismo valor espacial. El promedio de brillo de la imagen se caracteriza por componentes de frecuencia de valor cero. Simplemente omitiendo los componentes de alta frecuencia de la imagen, esta se vuelve inaceptable debido a la pérdida de definición de la imagen.

Una disminución en la codificación se puede obtener, tomando como ventaja que la amplitud de los componentes espaciales disminuye con la frecuencia. Si el espectro de frecuencia espacial es dividido en sub bandas de frecuencia, las

bandas de alta frecuencia se pueden describir en pocos bits, no solamente por que sus amplitudes son pequeñas sino porque puede ser tolerado más ruido. La Transformada Discreta del Coseno se usa en MPEG para determinar el dominio de la frecuencia espacial en imágenes bidimensionales.

### Codificación inter o temporal.

La codificación inter aprovecha la ventaja que existe cuando las imágenes sucesivas son similares. En lugar de enviar la información de cada imagen por separado, el codificador inter envía la diferencia existente entre la imagen previa y la actual en forma de codificación diferencial. Las Figuras O y P muestran este principio. El codificador necesita de una imagen, la cual fue almacenada con anterioridad para luego ser comparada entre imágenes sucesivas y de forma similar se requiere de una imagen previamente almacenada para que el decodificador desarrolle las imágenes siguientes.

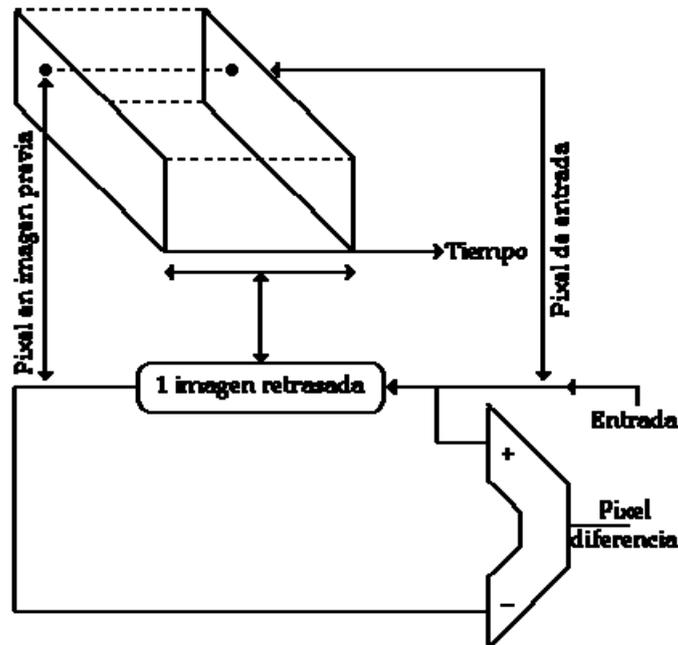


Figura O. Sistema de codificación inter, que usa un retraso para calcular la diferencia de píxeles entre imágenes sucesivas.

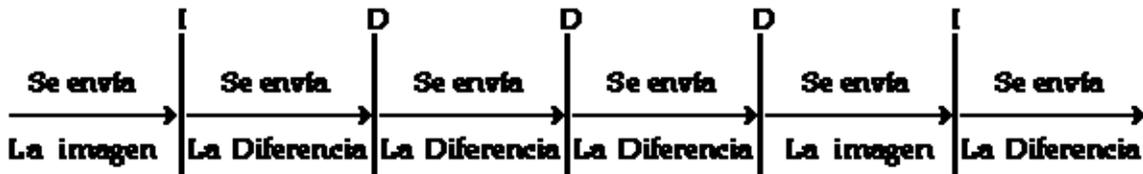
Los datos que se generan al hacer la diferencia entre dos imágenes, también se pueden tratar como una nueva imagen, la cual se debe someter al mismo tratamiento de transformadas utilizado en la compresión espacial.

Un sistema básico de codificación inter se muestra en la Figura O.

Desafortunadamente existe la posibilidad de transmitir errores, si se utiliza una secuencia ilimitada de imágenes previstas. Por esto es mejor utilizar un número

limitado de imágenes previstas para de este modo garantizar una mejor transmisión de los datos. En MPEG periódicamente se envía una imagen la cual no ha sido tratada con algún método de compresión con pérdidas y que a su vez es idéntica a la imagen original, refrescando los datos en la secuencia de transmisión.

La Figura P muestra el recorrido de una imagen original, llamada imagen I o intra, la cual es enviada entre imágenes que han sido creadas usando una diferencia entre imágenes, llamadas imágenes P o previstas. La imagen I requiere grandes cantidades de información, mientras que las imágenes P requieren una cantidad menor. Esto ocasiona que el flujo de transmisión de datos sea variable hasta cuando llegan a la memoria intermedia, la cual genera a su salida una transmisión de datos de forma constante. También se puede observar que el predictor necesita almacenar datos de menor proporción puesto que su factor de compresión no cambia de una imagen a otra.



I = Imagen codificada intra  
D = Imagen codificada diferencialmente

Figura P. Uso periódico de una imagen I.

Una secuencia de imágenes que esta constituida por una imagen I y las siguientes imágenes P hasta el comienzo de otra imagen I, se denomina grupo de imágenes GOP (Group Of Pictures). Para factores de compresión altos se utiliza un número grande de imágenes P, haciendo que las GOPs aumenten de tamaño considerablemente; sin embargo un GOP grande evita recuperar eficazmente una transmisión que ha llegado con errores.

En el caso de objetos en movimiento, puede que su apariencia no cambie mucho entre imágenes, pero la representación de los bordes si cambia considerablemente. Esto es de gran ventaja si el efecto de movimiento se representa por la diferencia entre imágenes, generando una reducción en la codificación de datos. Este es el objetivo de la compensación de movimiento.

### Codificación bidireccional.

Cuando un objeto se mueve, este oculta lo que hay detrás de él, pero esto va cambiando a medida que se va moviendo, permitiendo observar el fondo. El revelado del fondo exige nuevos datos a ser transmitidos, ya que el área del fondo

había sido ocultada anteriormente y la información no pudo ser obtenida desde una imagen previa.

Un problema similar ocurre si se hace una toma panorámica con una cámara de video; aparecen nuevas áreas al observador y nada se sabe acerca de ellas.

MPEG ayuda a minimizar este problema utilizando codificación bidireccional, la cual deja información para ser tomada de imágenes anteriores y posteriores a la imagen observada. Si el fondo ya ha sido revelado, y este será presentado en una imagen posterior, la información puede ser movida hacia atrás en el tiempo, creando parte de la imagen con anticipación.

La Figura Q muestra en qué se basa la codificación bidireccional. En el centro del diagrama un objeto se mueve revelando su fondo, pero éste no se conoce hasta la siguiente imagen. Entonces se toman los datos de las imágenes anteriores y posteriores, o incluso se utiliza el promedio de los datos, descubriendo de esta forma el fondo.

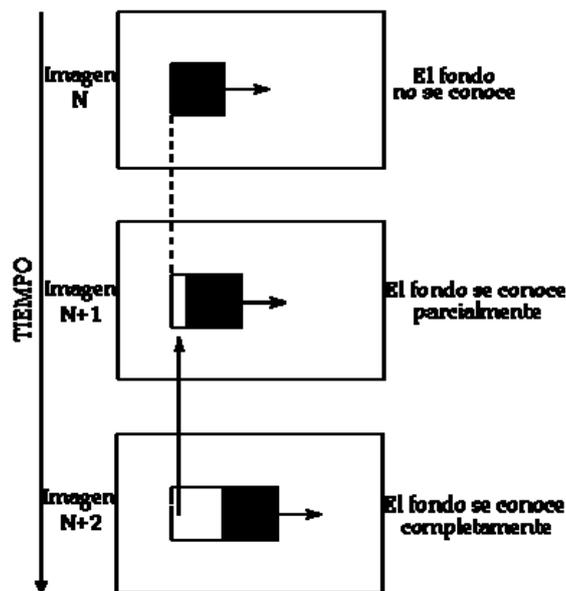


Figura Q. Concepto de la codificación bidireccional.

La Figura R muestra una codificación bidireccional. Primero se toma una imagen I y, con la ayuda de una imagen P se pueden obtener imágenes B, las cuales son llamadas también imágenes bidireccionales.

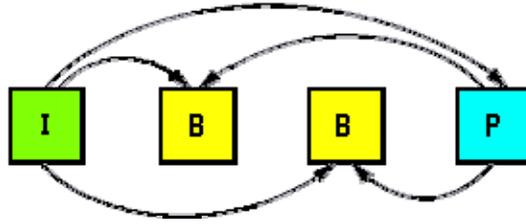


Figura R. Codificación bidireccional

### Tipos de imagen MPEG.

MPEG define tres tipos de imágenes que se encadenan según el esquema de la Figura S. Los cuales son el soporte de la codificación diferencial y bidireccional, minimizando la propagación de errores.

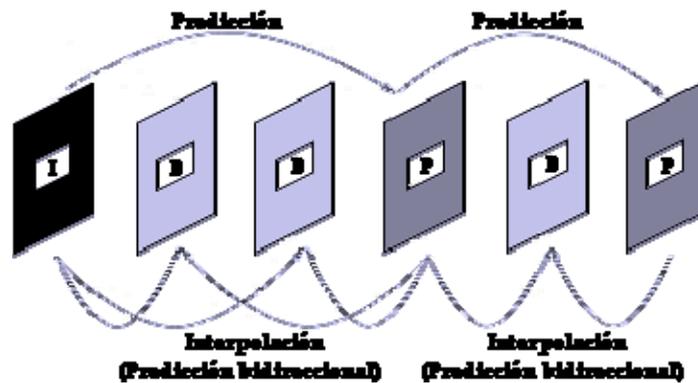


Figura S. Encadenamiento de los 3 tipos de imágenes MPEG.

#### 1. Las imágenes I (intra).

Son imágenes que no requieren información adicional para su decodificación. Son codificadas sin ninguna referencia a otras imágenes, como en JPEG, es decir, que contiene todos los elementos necesarios para su reconstrucción por el decodificador y son, por ello, el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia.

La tasa de compresión de imágenes I es relativamente pequeña, comparable con la de JPEG con pérdidas. Ellas consisten ante todo de los coeficientes transformados y no contienen vectores de movimiento.

#### 2. Las imágenes P (previstas).

Se codifican con respecto a las imágenes de tipo I o P anteriores, gracias a las técnicas de predicción con compensación de movimiento. Como la compensación de movimiento no es perfecta, no se podrá multiplicar indefinidamente el número de imágenes I, ya que, como se utilizan para decodificar otras imágenes P o B, se propagan amplificando cualquier error de codificación.

Su tasa de compresión es claramente mayor que la de las imágenes I. Las imágenes P requieren aproximadamente la mitad de los datos de las imágenes I.

### 3. Las imágenes B (bidireccionales).

Se codifican por interpolación entre dos imágenes de tipo I o P precedentes y siguiente que las enmarcan. Como no se utilizan para describir otras imágenes, las imágenes B no propagan los posibles errores de codificación.

Este tipo de imágenes es el que ofrece el factor de compresión más alto, que generalmente es de una cuarta parte de los datos de las imágenes I.

Dependiendo de la complejidad del codificador utilizado, se podrán codificar solo las imágenes I, las imágenes I y P o las imágenes I, P y B; sin duda, con resultados absolutamente diferentes a nivel del factor de compresión y en cuanto a las posibilidades de acceso aleatorio, así como del tiempo de codificación y de la calidad percibida.

Los dos parámetros M y N definen la manera en que las imágenes I, P y B se encadenan:

M es la distancia (en número de imágenes) entre dos imágenes P (previstas) sucesivas.

N es la distancia entre dos imágenes I (intra) sucesivas.

Para alcanzar un flujo de video de 1.15 Mb/s con una calidad satisfactoria, al tiempo que se mantiene una resolución de acceso aleatorio aceptable (< 0.5 segundos), los parámetros comúnmente utilizados son M = 3 y N = 12 como se muestra en la Figura T.

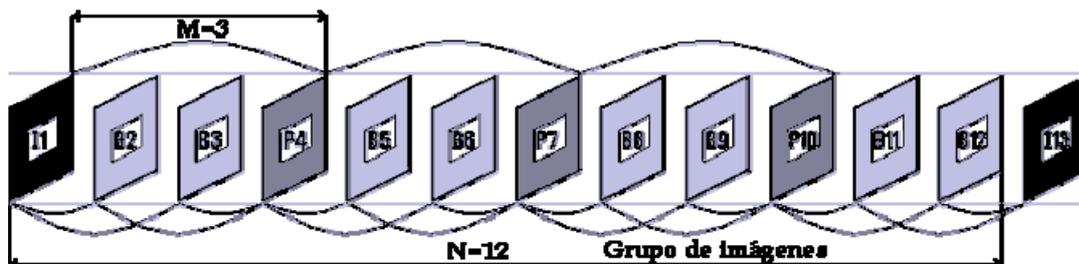


Figura T. Ejemplo de grupo de imágenes, para M = 3, N = 12.

En este caso, una secuencia de video se compone de 1/12 (8.33%) de imágenes I, 1/4 (25%) de imágenes P y de 2/3 (66.66%) de imágenes B. El factor de compresión global se ve favorecida por el hecho de que son las imágenes más frecuentes las que tienen un factor de compresión más alto.

En la visualización, tras la codificación y decodificación, es evidente que las imágenes de la secuencia de video deben ser reproducidas en el mismo orden en que se captaron.

Con los parámetros definidos anteriormente ( $M = 3$ ,  $N = 12$ ), el modo de codificación de imágenes sucesivas se traduce por la correspondencia número  $\hat{U}$  tipo de imagen siguiente:

1(I) 2(B) 3(B) 4(P) 5(B) 6(B) 7(P) 8(B) 9(B) 10(P) 11(B) 12(B) 13(I) 14(B) 15(B) 16(P).....

Sin embargo, para codificar o decodificar una imagen B (Bidireccional), el codificador y el decodificador necesitarán la imagen I o P que la precede y la imagen P o I que la sigue. El orden de las imágenes será, por tanto, modificado antes de la codificación, de forma que el codificador y el decodificador dispongan, antes que las imágenes B, de las imágenes I y/o P necesarias para su tratamiento, o sea (Ver Figura U):

1(I) 4(P) 2(B) 3(B) 7(P) 5(B) 6(B) 10(P) 8(B) 9(B) 13(I) 11(B) 12(B) 16(P) 14(B) 15(B).....

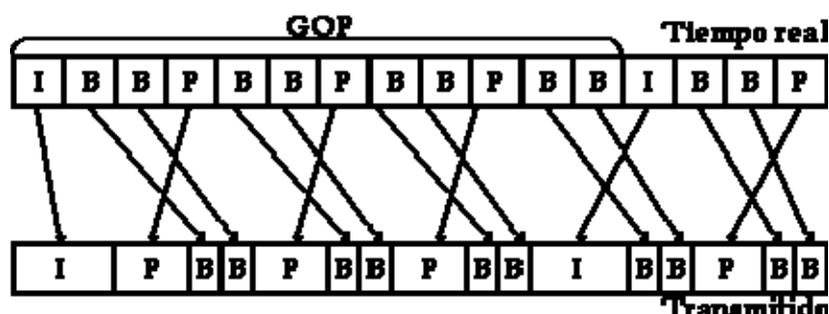


Figura U. Comparación de las imágenes antes y después de la compresión, mostrando un cambio de secuencia.

El aumento del factor de compresión facilitado por las imágenes B se paga, pues, con un tiempo de codificación/decodificación más largo (duración de dos imágenes) y un aumento en el tamaño de la memoria necesaria tanto en el codificador como en el decodificador (hay que almacenar una imagen suplementaria).

La Figura V muestra una curva de calidad constante donde la razón de bits cambia con el tiempo de codificación.

A la izquierda, solamente se utilizan imágenes I o codificación espacial, mientras que a la derecha solo se utilizan imágenes sucesivas IBBP. Esto significa que hay una codificación bidireccional de imágenes entre imágenes de codificación espacial (I) e imágenes previstas (P).

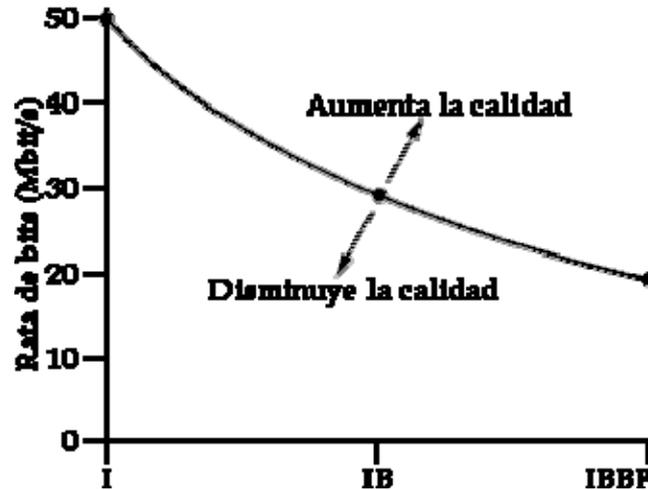


Figura V. Curva de calidad constante.

### Descomposición en capas de una secuencia de video MPEG.

Una secuencia de video MPEG es básicamente la salida del material en bruto de un codificador y contiene no más que lo necesario para que un decodificador restablezca la imagen original. La sintaxis de la señal comprimida es definida de manera rigurosa por MPEG, así se asegura que el decodificador cumpla con esta.

La Figura W muestra la construcción de una secuencia de video MPEG constituida por capas bien definidas.

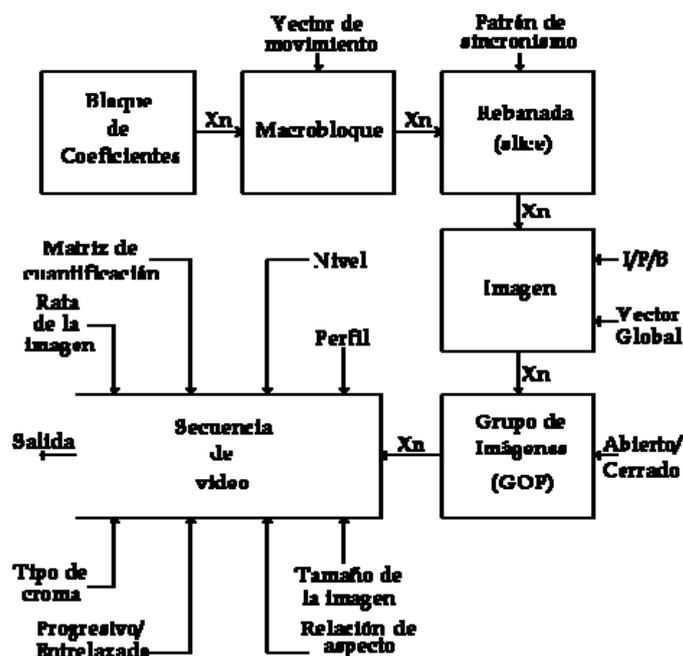


Figura 1.23. Estructura de una secuencia de video MPEG

## 1. Bloque (Block).

Es la unidad fundamental de la información de la imagen y esta representada por un bloque de coeficientes DCT, que tienen un tamaño de 8x8 píxeles, los cuales representan datos Y, Cr o Cb.

Aquí el coeficiente DC es enviado primero ya que este representa con mayor precisión la información de este bloque. Los demás coeficientes son enviados al final de este.

## 2. Macrobloque (Macroblock).

Es la unidad fundamental de la imagen que además está compensada en movimiento. Cada macrobloque es un vector de desplazamiento en dos dimensiones situado en la parte superior de la secuencia. En una imagen B, el vector puede ser hacia adelante o hacia atrás.

La compensación de movimiento puede ser en modo de cuadro o en modo de campo, el cual es indicado. La escala utilizada para la re cuantificación de los coeficientes también es indicada. Usando los vectores, el decodificador obtiene información acerca de las imágenes anteriores y las posteriores, produciendo así una predicción de imágenes. Los bloques son transformados inversamente para producir una imagen de rectificación que es adicionada a la imagen prevista que ha sido producida a la salida del decodificador.

En un formato de codificación 4:2:0, cada macrobloque tendrá 4 bloques Y, y dos bloques de color diferente. Para hacer posible la identificación de cada bloque y sus componentes, estos se envían en un orden específico. Cada macrobloque tiene un tamaño de 16 x16 píxeles.

### 3. Rebanada (Slice).

Los macrobloques son reunidos en rebanadas, y aquellas siempre deben representar una fila horizontal que está ordenada de izquierda a derecha.

En MPEG, las rebanadas pueden comenzar en cualquier sentido y ser de tamaño arbitrario, pero el ATSC (Advance Television Systems Committee) establece que ellas deben comenzar en el borde izquierdo de la imagen. Las rebanadas son la unidad fundamental de sincronización para la codificación de la longitud variable y diferencial, los vectores iniciales en una rebanada son enviados completamente, mientras que los demás vectores son transmitidos diferencialmente.

En imágenes I, los primeros coeficientes DC de las rebanadas son enviados completamente y los demás coeficientes DC son transmitidos en forma diferencial.

En imágenes de diferencia, esta técnica no se utiliza.

### 4. Imagen (Picture) de tipo I, P o B.

Cuando un número de rebanadas se combinan, construyen una imagen, la cual es la parte activa de un campo o un cuadro.

La imagen de soporte inicial define qué imágenes I, P o B codifica e incluye una referencia temporal para que la imagen pueda ser representada en el momento adecuado. En el caso de tomas panorámicas e inclinaciones, los vectores en cada macrobloque serán los mismos. Un vector global puede ser enviado para toda la imagen, y luego se pueden enviar vectores individuales que lleguen a crear la diferencia en el vector global.

### 5. Grupo de imágenes (Group Of Pictures o GOP).

Las imágenes pueden ser combinadas para producir un GOP (grupo de imágenes) que comienza con una imagen I. El GOP es la unidad fundamental de codificación temporal. En el estándar MPEG, el uso de GOP es opcional, pero ésta en la práctica es necesaria. Entre imágenes I, un número variable de imágenes P y/o B pueden ser colocadas como ya se ha descrito. Un GOP puede ser abierto o cerrado. En un GOP cerrado, las últimas imágenes B requieren de una imagen I para el siguiente GOP por decodificar y la secuencia de bits puede ser cortada al final de la GOP.

## 6. Secuencia.

Cuando algunas GOP son combinadas se produce una secuencia de video con un código de inicio, seguido por un encabezamiento, y luego termina con un código final. Códigos de soporte adicional pueden ser situados al inicio de la secuencia.

La secuencia de soporte especifica el tamaño horizontal y vertical de la imagen, norma de barrido, la rata de imágenes, si se usa un barrido progresivo o entrelazado, el perfil, nivel, velocidad de transferencia de bits, y cuales matrices de cuantificación se usan para codificar imágenes espaciales y temporales.

Sin la secuencia de soporte de datos, un decodificador no puede comprender el flujo de bits y por lo tanto no puede comenzar la operación de decodificación correcta. Esto ocurre generalmente cuando un televidente está cambiando canales de un lugar a otro en su televisor.

### Compensación de movimiento.

Es un proceso mediante el cual se mide eficazmente el movimiento de los objetos de una imagen a otra. De este modo se consigue medir qué tipos de movimientos redundan entre imágenes. La Figura X muestra que la imagen en movimiento puede ser expresada en un espacio de tres dimensiones que resulta de mover a lo largo del eje del tiempo dos imágenes consecutivas.

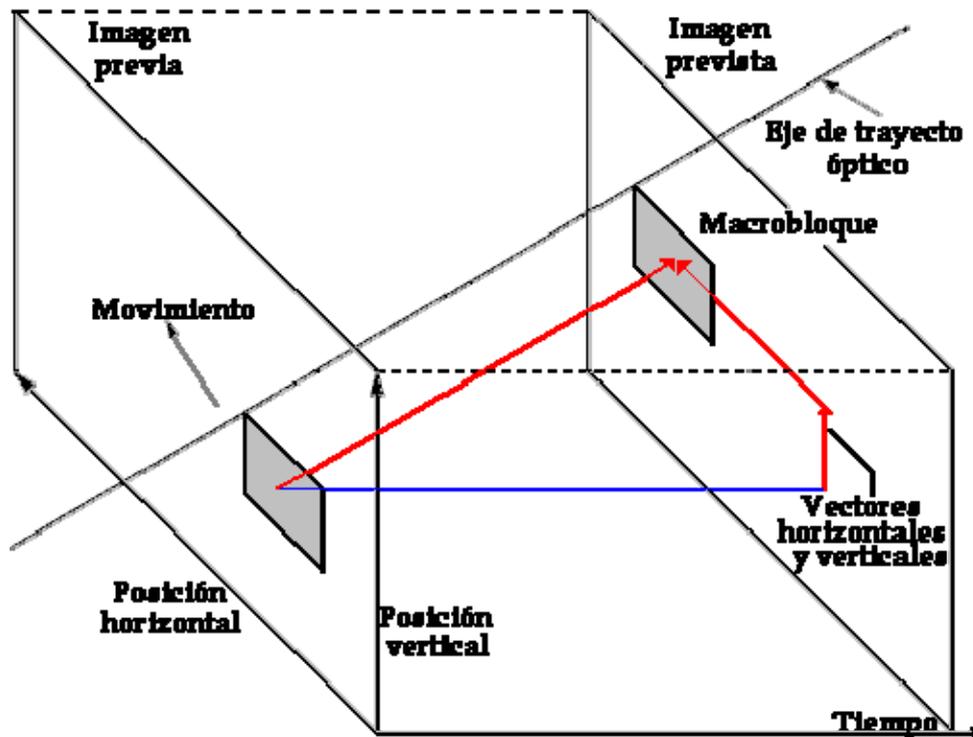


Figura X. Objetos viajando en un espacio de tres dimensiones.

En el caso de un objeto que permanezca estático, el movimiento de este solo se ve en el eje del tiempo. Sin embargo, cuando un objeto está en movimiento, este se mueve en el eje de trayecto óptico (eje horizontal y vertical en el tiempo) que no es paralelo al eje del tiempo.

El eje de trayecto óptico une los puntos de movimiento de un objeto a medida que este se mueve a través de varias imágenes. Este trayecto puede ser nulo en valores que representen un objeto en movimiento que solo cambia con respecto al eje del tiempo. De igual manera, al mirar un objeto en movimiento que cambia su apariencia; uno de estos movimientos es el de rotación.

Para un simple movimiento de traslación los datos que representan un objeto son altamente redundantes con respecto al eje de trayecto óptico. Así, que de este modo, el eje de trayecto óptico puede ser hallado, generando un código de ganancia cada vez que se observa la presencia de un mismo objeto en movimiento.

Un codificador de compensación de movimiento trabaja de la siguiente forma. Una imagen I es enviada, pero esta es almacenada de tal modo que pueda ser comparada con la siguiente imagen de entrada para encontrar así varios vectores de movimiento, los cuales pueden ser utilizados en diferentes áreas de la imagen.

Luego la imagen I es combinada de acuerdo a estos vectores o cancelada a una codificación espacial debido a su no conveniencia. La imagen prevista resultante es comparada con la imagen actual para producir una predicción de error también llamada residual. La predicción de error es transmitida con los vectores de movimiento. En el receptor la imagen I original es también retenida en la memoria, esta es cambiada de acuerdo con los vectores de movimiento transmitidos para crear la imagen prevista y luego la predicción de error es adicionada recreando la imagen original. Cuando una imagen es codificada de esta manera, es llamada imagen P en MPEG.

## **ANEXO 3.**

### **ATM.**

#### **Breve historia de ATM.**

La primera referencia del ATM (Asynchronous Transfer Mode) tiene lugar en los años 60 cuando un norteamericano de origen oriental perteneciente a los laboratorios Bell describió y patentó un modo de transferencia no síncrono. Sin embargo el ATM no se hizo popular hasta 1988 cuando el CCITT decidió que sería la tecnología de conmutación de las futuras red ISDN en banda ancha (rec I.121).

En aquellas históricas fechas los valedores del ATM tuvieron primero que persuadir a algunos representantes de las redes de comunicaciones que hubieran preferido una simple ampliación de las capacidades de la ISDN en banda estrecha. Conseguido este primer objetivo y desechando los esquemas de transmisión síncronos, se empezaron a discutir aspectos tales como el tamaño de las células. Por un lado los representantes de EEUU y algún otro país proponían un tamaño de células grande de unos 128 bytes: 'cuanto mayor es el tamaño de las células menor es el overhead parámetro muy importante cuando se desean transmitir datos' era su argumento. Sin embargo los representantes de los países europeos el tamaño ideal de las células era de 16 bytes, y señalaron que un tamaño de célula de 128 bytes provocaría retardos inaceptables de hasta 85 ms. Este retardo no permitiría la transmisión de voz con cierto nivel de calidad a la vez que obligaba a instalar canceladores de eco.

Después de muchas discusiones ambas partes habían hecho una concesión: el lobby norteamericano proponían 64 bytes y el lobby europeo 32 bytes que básicamente coincidían con los representantes de las redes de datos y las redes de voz respectivamente. Ante la falta de acuerdo en la reunión del CCITT celebrada en Ginebra en Junio de 1989 se tomó una decisión salomónica: "Ni para unos ni para otros. 48 bytes será el tamaño de la célula". Para la cabecera hubo posicionamientos similares, y el definitivo tamaño de 5 bytes también fue un compromiso.

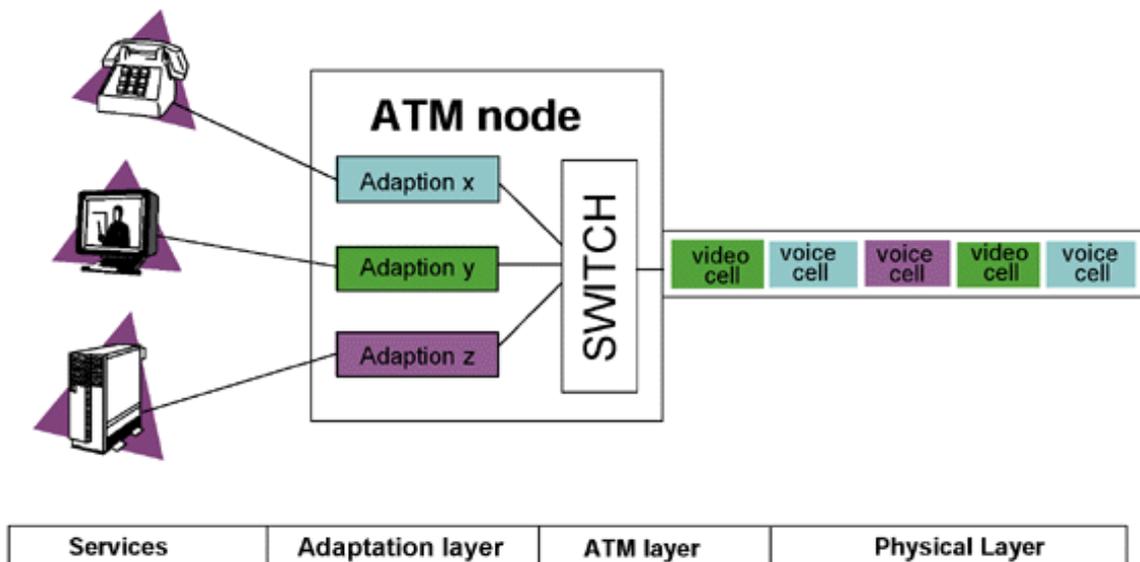
Un extraño número primo 53 (48+5) sería el tamaño definitivo, en octetos, de las células ATM. Un número que tuvo la virtud de no satisfacer a nadie pero que suponía un compromiso de todos grupos de interés y evitaba una ruptura de consecuencias imprevisibles.

## Arquitectura de un nodo ATM

El ATM puede ser considerado como una tecnología de conmutación de paquetes en alta velocidad con unas características particulares:

- Los paquetes son de pequeño y constante tamaño (53 bytes).
- Es una tecnología de naturaleza conmutada y orientada a la conexión.
- Los nodos que componen la red no tienen mecanismos para el control de errores o control de flujo.
- El header de las células tiene una funcionalidad limitada.

Simplificando al máximo podemos ver que una red ATM está compuesta por nodos de conmutación, elementos de transmisión y equipos terminales de usuarios. Los nodos son capaces de encaminar la información empaquetada en células a través de unos caminos conocidos como Conexiones de Canal Virtual. El routing, en los nodos conmutadores de células, es un proceso hardware mientras que el establecimiento de conexiones y el empaquetamiento/ desempaquetamiento de las células son procesos software.



La Capa de Adaptación a ATM adapta y segmenta el flujo de tráfico en celdas de 48 bytes. La capa ATM añade los 5 bytes de overhead, y los pasa a la Capa Física, que convierte las celdas en señales eléctricas u ópticas.

## Jerarquía de transmisión

Bajo un punto de vista basado exclusivamente en la transmisión, el ATM se puede dividir en tres niveles que se combinan de forma jerárquica de modo que cada capa superior puede tener uno o varios de los elementos inferiores.

- **Canal Virtual (VC)**

Así llamada a la conexión unidireccional entre usuarios. Importante resaltar la unidireccionalidad: si dos usuarios quisieran estar conectados en Full Dúplex deberán utilizar dos canales. Los VC, además de transportar datos entre usuarios, también son utilizados para transportar la señalización y la gestión de la red.

- **Trayecto Virtual (VP)**

Se entiende al conjunto de canales virtuales que atraviesan multiplexadamente un tramo de la red ATM. Los VP facilitan la conmutación de los canales virtuales, pues conectan tramos enteros de la red ATM. De no existir por cada conexión entre usuarios obligaría a reelaborar todas las tablas de routing de los nodos atravesados lo cual supondría un incremento del tiempo necesario para establecer una conexión.

- **Sección Física (PS)**

Conecta y proporciona continuidad digital entre los diferentes elementos que componen la red controlando el flujo de bits. Debe mantener en óptimas condiciones las señales físicas, eléctricas u ópticas regenerándolas cuando resultan afectadas por atenuaciones, ruido o distorsiones.

### **Modelo de referencia ATM**

Bajo una perspectiva arquitectónica el ATM se divide en tres niveles que ocupan las capas 1 y parte de la 2 del modelo de referencia OSI:

- **Nivel de adaptación ATM (AAL)**

Se encarga de las relaciones con el mundo externo. Acepta todo tipo de información heterogénea y la segmenta en paquetes de 48 bytes a la velocidad que fue generada por los usuarios. Sólo se encuentra en los puntos terminales de la red. Según el modelo OSI maneja, en el nivel 2, las conexiones entre la red ATM y los recursos no ATM pertenecientes a los usuarios finales.

- **Nivel Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)**

Encargado de construir las cabeceras de las células ATM, responsable del routing y el multiplexado de las células a través de los Canales y Rutas Virtuales. También es misión suya el control del flujo de datos y la detección de errores ocurridos en la cabecera aunque no en los datos.

- **Nivel físico (PL)**

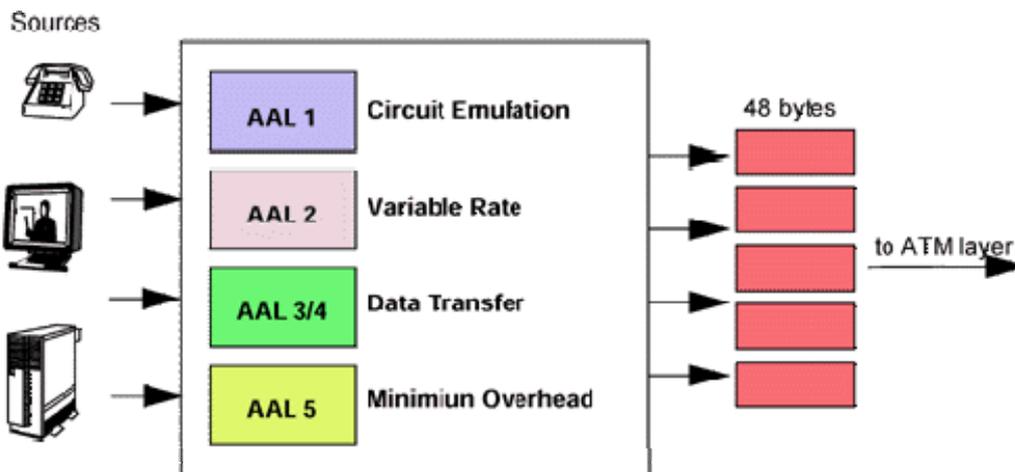
Es el nivel inferior encargado de controlar las señales físicas, ya sean ópticas o eléctricas, e independizarlas de los niveles superiores de protocolo adaptándolas

al medio de transmisión y codificación utilizado. Puede soportar diversas configuraciones punto-a-punto y punto-a-multipunto. En una red ATM se distinguen dos tipos de nodos: los terminales que proporcionan los puntos de acceso a los usuarios finales y los nodos de conmutación responsables dentro de la red del routing de las células.

### Nivel de Adaptación ATM (AAL)

Responsable de las relaciones con el mundo externo, por esta razón el nivel AAL sólo se encuentra en los nodos terminales de la red. Su misión es la de aceptar la información adaptando los niveles superiores de comunicación no ATM a los formatos ATM. Son funciones del nivel AAL:

- adaptación a la velocidad de los usuarios,
- segmentación de los datos en células de 48 bytes (sin cabecera ATM)
- detección células erróneas y perdidas,
- mantenimiento del sincronismo entre terminales.



El Nivel de Adaptación ATM adapta cada tráfico a su velocidad inicial, segmenta/reensambla la información en trozos de 48 bits, detecta celdas erróneas o perdidas, y mantiene el sincronismo entre los usuarios conectados.

### Estructura de la Capa AAL

Internamente el AAL se divide en dos partes:

#### 1. El subnivel de Convergencia (CS)

Es capa más externa y ejecuta funciones como la detección y demultiplexión de datos, detección de células perdidas y mantenimiento del sincronismo de la conexión.

## 2. El subnivel Segmentación y Reensamblado (SAR)

Esta capa segmenta los datos en células y las envía al nivel ATM para que les ponga la cabecera. El proceso inverso se verifica al lado opuesto cuando recibe células y reconstruye la información original.

### Calidad de servicio (QoS).

La información que llega a un nodo terminal ATM es captada, segmentada y dispuesta en células con las cabeceras adecuadas para cada tipo de tráfico. Este servicio proporcionado por el nivel AAL se denomina QoS que queda definido por tres parámetros:

- **caudal**, define el volumen de información que puede ser enviada en un período de tiempo. Si el tráfico es constante, el parámetro es único: velocidad pico; pero si el tráfico es a ráfagas, está expresado por tres parámetros de conexión: velocidad pico, velocidad media y duración de la ráfaga.
- **retardo**, definido por su media y su varianza que relaciona el retardo global medio de toda la transmisión y la variación entre los retardos individuales que afectan a cada célula.
- **nivel de seguridad**, se refiere a la tolerancia de un determinado tipo de tráfico a la pérdida de células que puede ocurrir durante períodos de congestión.

### La Capa ATM

Este nivel es el auténtico núcleo sobre el que se rige la tecnología del cell relay. Sus funciones, fundamentales y comunes a cualquier nodo, se encargan de la manipulación de células ejecutándose los siguientes procesos:

1. construcción/extracción de cabeceras
2. routing entre los nodos
3. multiplexión y de multiplexión de células

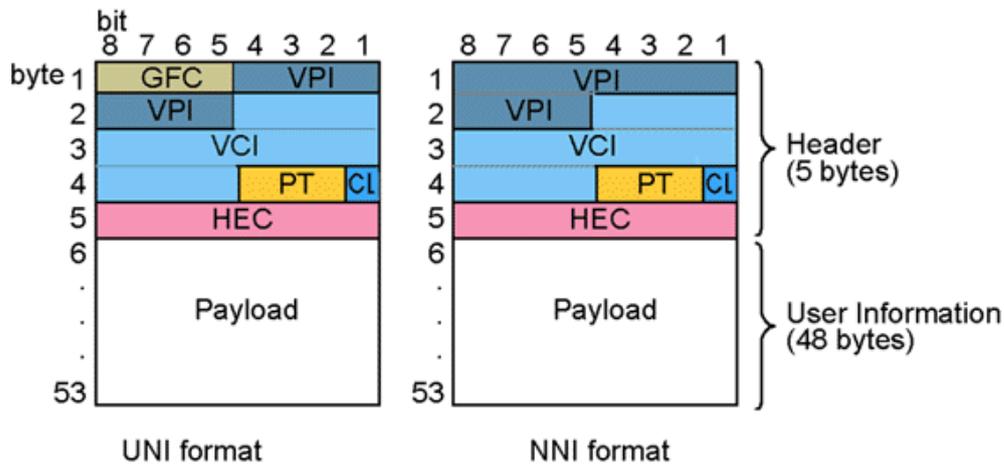
### Formato de las Células ATM

Son estructuras de datos de 53 bytes compuestas por dos campos principales:

**1.- Header**, sus 5 bytes tienen tres funciones principales: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores, número de secuencia...

**2.- Payload**, tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como datos del usuario.

Dos de los conceptos más significativos del ATM, Canales Virtuales y Rutas Virtuales, están materializados en dos identificadores en el header de cada célula (VCI y VPI) ambos determinan el routing entre nodos. Existen dos formatos de células: la UNI (User Network Interface) utilizado en el interfaz red/usuario y la NNI (Network Network Interface) cuando circulan por la red.



GFC: General Flow Control      PT : Payload Type  
VPI : Virtual Path Identifier      CL : Cell Loss Priority  
VCI : Virtual Channel Identifier      HEC: Header Error Control

El formato de las celdas tal y como ha sido definido por el forum ATM.

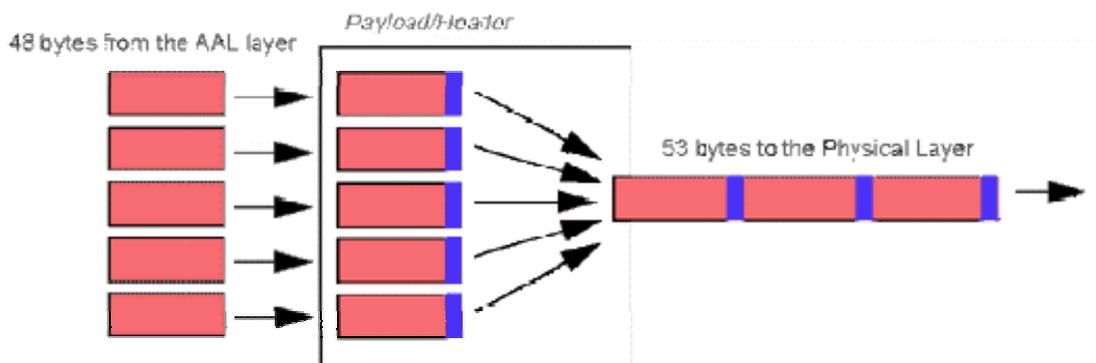
**Campos:**

- GFC (Control de Flujo Genérico, Generic Flow Control, 4 bits): El estándar originariamente reservó el campo GFC para labores de gestión de tráfico, pero en la práctica no es utilizado. Las celdas NNI lo emplean para extender el campo VPI a 12 bits.
- VPI (Identificador de Ruta Virtual, Virtual Path Identifier, 8 bits) y VCI (Identificador de Circuito Virtual, Virtual Circuit Identifier, 16 bits): Se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la célula.
- PT (Tipo de Información de Usuario, Payload type, 3 bits): identifica el tipo de datos de la celda (de datos del usuario o de control).
- CLP (Prioridad, Cell Loss Priority, 1 bit): Indica el nivel de prioridad de las celda, si este bit esta activo cuando la red ATM esta congestionada la celda puede ser descartada.
- HEC (Corrección de Error de Cabecera, Header Error Correction, 8 bits): contiene un código de detección de error que sólo cubre la cabecera (no la información de usuario), y que permite detectar un buen número de errores múltiples y corregir errores simples.

## Conexiones y Routing

Los conmutadores de VP modifican los identificadores VPI para redirigir las rutas de entrada hacia una salida específica. Un conmutador de VP no analiza ni modifica el campo VCI, ya que al operar en un nivel inferior conmuta todos los Canales asociados a dicha Ruta. Los conmutadores de VC aplican un mayor nivel de complejidad ya que manejan atributos como nivel de errores, calidad servicio, ancho de banda o servicios relacionados con la tarificación. Las tablas de routing de cada nodo pueden estar ya predefinidas, o bien deben construirse dinámicamente en el tiempo del establecimiento de las conexiones realizadas mediante el protocolo Q.2931 similar al Q.931 utilizado en el ISDN para banda estrecha.

Una Ruta Virtual puede ser Permanente (PVP) o Conmutada (SVP). Si es conmutada, es decir si se ha establecido explícitamente para una comunicación, todos sus Canales Virtuales (VC) asociados son dirigidos a través de ese camino y no será necesario conmutarlos. Si el VP es permanente es probable que sólo conecte troncales de la red por lo que los VC deberán ser conmutados en algún nodo de la red. El routing de Canales y Rutas Virtuales es realizado mediante etiquetas, nunca con direcciones explícitas. Por ejemplo un nodo de conmutación debe leer el identificador VCI =  $i$  de cada célula que entra por el puerto K y de acuerdo con su tabla de routing, la envía por el puerto Q modificando el header al escribir VCI =  $j$ .



La capa ATM es el núcleo real de la tecnología. Se ocupa de añadir y extraer las cabeceras, mantener los identificadores de conexión para realizar el encaminamiento entre nodos, y de multiplexar y demultiplexar las celdas a través del medio físico, manteniendo una secuencia correcta de las celdas.

### El Nivel Físico

El nivel físico realiza dos funciones fundamentales: el transporte de células válidas y la entrega de la información de sincronismo

## Estructura del nivel Físico

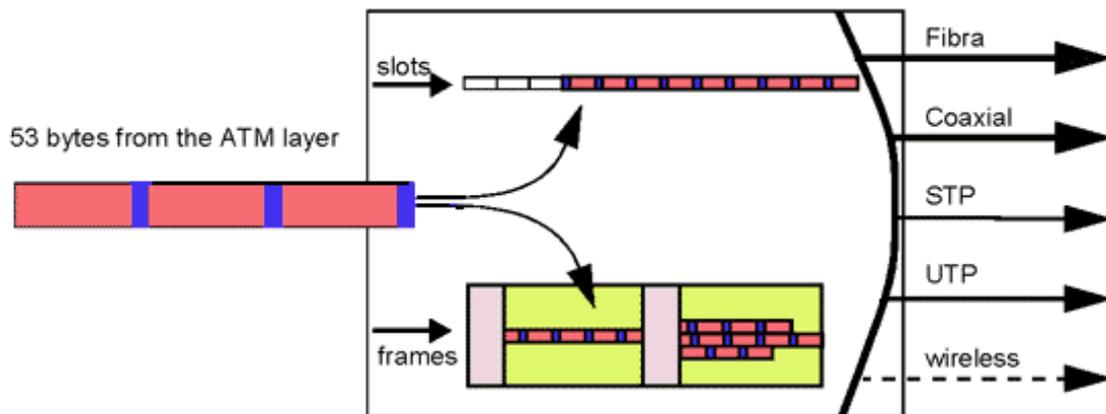
Se divide en dos capas:

### 1. El subnivel Convergencia de la Transmisión (TC)

Encargado de adaptar la velocidad y de crear el datastream para su posterior transmisión al medio físico. El proceso inverso se realiza en el otro extremo de la red donde el TC destino debe extraer las células del datastream recibido, comprobar su corrección y entregarlas finalmente al nivel superior ATM. Las células incorrectas o vacías se desechan.

### 2. El subnivel Medio Físico (PM)

Es el encargado de la transmisión de bits y de la sincronización de señales. Dos velocidades estandarizadas por el ITU son 155,52 Mbit/s y 622,08 Mbit/s; mientras que el ATM Forum ha estandarizado interfaces con velocidades a 25 Mbit/s, 44,736 Mbit/s, 100 Mbit/s y 155,52 Mbit/s.



El Nivel Físico debe adaptar la secuencia de celdas a la estructura y a la velocidad del canal de transmisión utilizado.

### Datastream del medio de transmisión

El servicio portador de la red encargado de transportar la información hasta los usuarios puede ser de dos modelos:

#### 1. Basado en células

Es la forma nativa utilizado en redes locales. Consiste en la transmisión directa de la secuencia de células ATM sobre el medio de transmisión que puede ser fibra y

cable de diversas categorías. Dependiendo del estándar utilizado deben ser insertadas señales de delineación, sincronismo de las células.

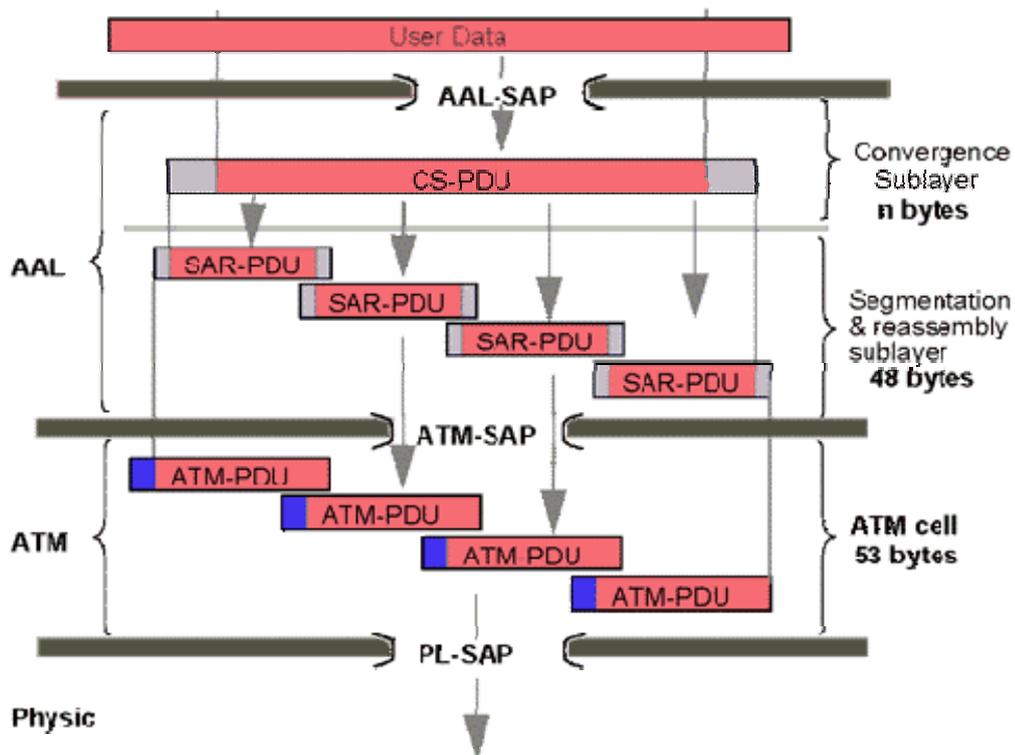
## 2. Basados en tramas plesiócronicas o PDH

Las células se agrupan en una trama plesiócrona que incluye funciones de mantenimiento. El estándar utilizado se deriva del IEEE 802.6 utilizado por el DQDB en redes metropolitanas.

## 3. Basados en tramas síncronas o SDH

En este caso las células son empaquetadas en frames síncronos denominados STM transmitidos a velocidades ópticas múltiplos de 155,52 Mbit/s. Estas estructuras transportan también información de sincronismo y el overhead necesario para el transporte. La ventaja de los frames STM es que ofrecen un mecanismo estandarizado para realizar la multiplexión de los canales a medida que los enlaces aumentan o disminuyen su capacidad de transporte.

El ITU-T seleccionó la SDH como una de las bases para el B-ISDN para el transporte y multiplexión de señales a través de una red óptica. Es importante señalar que el SDH no es en sí mismo una red de comunicaciones, ni forma parte del ATM, sino el más bajo nivel de transporte de la red también utilizable por otras redes de transmisión como Frame Relay o SMDS.



Estructura e interrelación de las PDUs (Protocol Data Units).

### Multiplexación en ATM:

Un examen más cercano del protocolo ATM y cómo opera ayudará a explicar cómo los circuitos virtuales, las rutas virtuales, los conmutadores y los servicios que ellos acarrean se afectan entre sí.

La figura No.1 muestra un formato básico y la jerarquía de ATM. Una conexión ATM, consiste de "celdas" de información contenidos en un circuito virtual (VC). Estas celdas provienen de diferentes fuentes representadas como generadores de bits a tasas de transferencia constantes como la voz y a tasas variables tipo ráfagas (bursty traffic) como los datos. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para trasiego de información y los restantes para uso de campos de control (cabecera) con información de "quién soy" y "donde voy"; es identificada por un "virtual circuit identifier" VCI y un "virtual path identifier" VPI dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión. La organización de la cabecera (header) variará levemente dependiendo de si la información relacionada es para interfaces de red a red o de usuario a red. Las celdas son enrutadas individualmente a través de los conmutadores basados en estos identificadores, los cuales tienen significado local - ya que pueden ser cambiados de interfase a interfase.

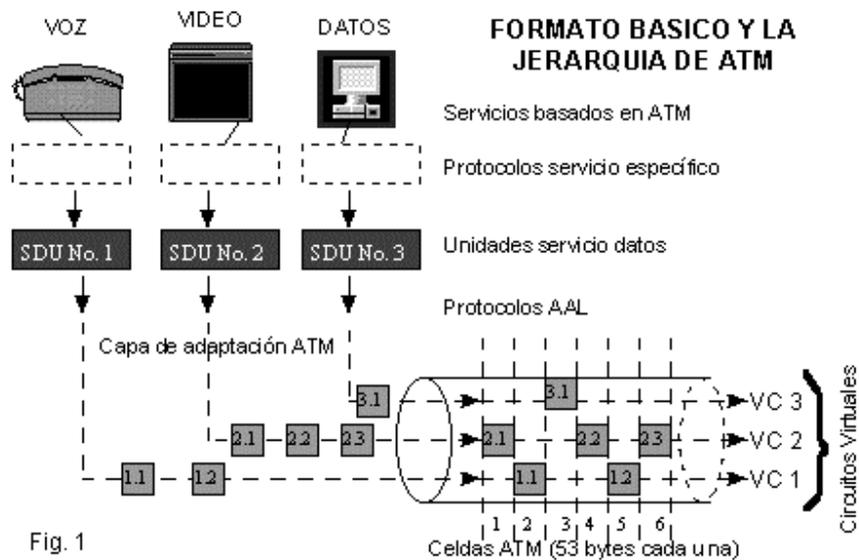
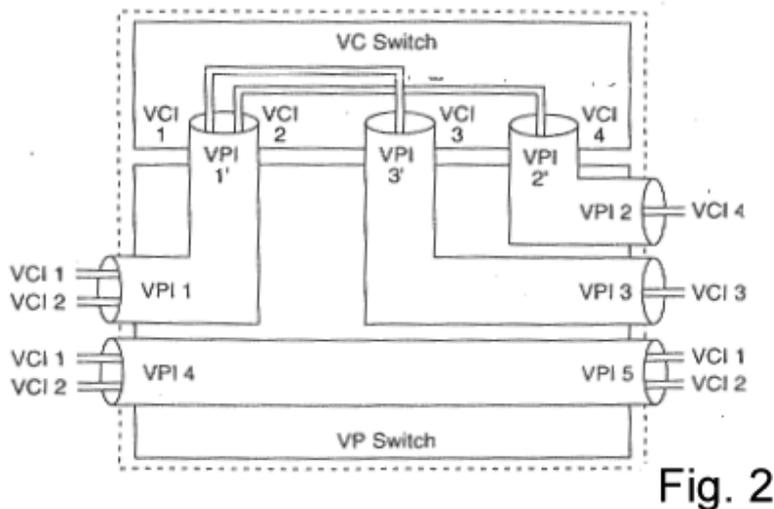


Fig. 1

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad,

similar a la operación de una red conmutada de paquetes. La figura No.2 describe los procesos de conmutación implícitos los VC switches y los VP switches.



Los slots de celda no usados son llenados con celdas "idle", identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda. Este sistema no es igual al llamado "bit stuffing" en la multiplexación Asíncrona, ya que aplica a celdas enteras.

Diferentes categorías de tráfico son convertidas en celdas ATM vía la capa de adaptación de ATM (AAL - ATM Adaptation Layer), de acuerdo con el protocolo usado. (Más adelante se explica este protocolo).

La tecnología ATM ha sido definida tanto por el ANSI como por el CCITT a través de sus respectivos comités ANSI T1, UIT SG XVIII, como la tecnología de transporte para la B-ISDN (Broad Band Integrated Services Digital Network), la RDSI de banda ancha. En este contexto "transporte" se refiere al uso de técnicas de conmutación y multiplexación en la capa de enlace (Capa 2 del modelo OSI) para el trasiego del tráfico del usuario final de la fuente al destino, dentro de una red. El ATM Forum, grupo de fabricantes y usuarios dedicado al análisis y avances de ATM, ha aprobado cuatro velocidades UNI (User Network Interfases) para ATM: DS3 (44.736 Mbit/s), SONET STS3c (155.52 Mbit/s) y 100 Mbit/s para UNI privadas y 155 Mbit/s para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Mbit/s especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, velocidades UNI adicionales se han venido evaluando y están ofreciéndose. También hay un alto interés en interfases, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

## Protocolo ATM:

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas básicas (Ver figura No 3). La primera capa llamada capa física (Physical Layer), define las interfases físicas con los medios de transmisión y el protocolo de trama para la red ATM es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de muchas tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET (Synchronous Optical Network), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), T3/E3, TI/EI o aún en módems de 9600 bps. Hay dos subcapas en la capa física que separan el medio físico de transmisión y la extracción de los datos:

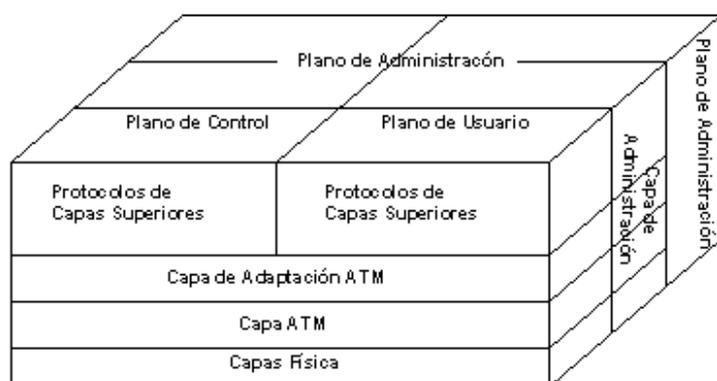


Fig. 3 Protocolo de Modelo de Referencia para ATM Banda Ancha

La subcapa PMD (Physical Médium Dependent) tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc., Por ejemplo, la tasa de datos SONET que se usa, es parte del PMD. La subcapa TC (Transmission Convergence) tiene que ver con la extracción de información contenida desde la misma capa física. Esto incluye la generación y el chequeo del Header Error Corrección (HEC), extrayendo celdas desde el flujo de bits de entrada y el procesamiento de celdas "idles" y el reconocimiento del límite de la celda. Otra función importante es intercambiar información de operación y mantenimiento (OAM) con el plano de administración. (Ver figura No.4).

La segunda capa es la capa ATM. Ello define la estructura de la celda y cómo las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en una red ATM, esta capa es independiente del servicio. El formato de una celda ATM es muy simple. Consiste de 5 bytes de cabecera y 48 bytes para información.

Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un compromiso entre una larga celda, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos y longitudes de celdas cortas que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que son buenas para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo. A pesar de que no se diseñó específicamente para eso, la longitud de la celda ATM acomoda convenientemente dos Fast Packets IPX de 24 bytes cada uno.

Los comités de estándares han definido dos tipos de cabeceras ATM: los User-to-Network Interfase (UNI) y la Network to Network Interfase (NNI). La UNI es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (Customer Premises Equipment), tal como hubs o routers ATM y la red de área ancha ATM (ATM WAN). La NNI define la interfase entre los nodos de la red (los switches o conmutadores) o entre redes. La NNI puede usarse como una interfase entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público (carrier). Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar las "Virtual paths identifiers" (VPIS) y los "virtual circuits" o virtual channels"(VCIS) como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM.

#### **La capa de adaptación de ATM:**

La tercera capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes. Cinco tipos de servicio AAL están definidos actualmente:

La capa de Adaptación de ATM yace entre el ATM layer y las capas más altas que usan el servicio ATM. Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión. La información transportada por la capa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

1. Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
2. Tasa de bit constante/variable.
3. Modo de conexión.

Estas propiedades definen ocho clases posibles, cuatro se definen como B-ISDN Clases de servicios.

La capa de adaptación de ATM define 4 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3
- AAL-4

La capa de adaptación se divide en dos subcapas:

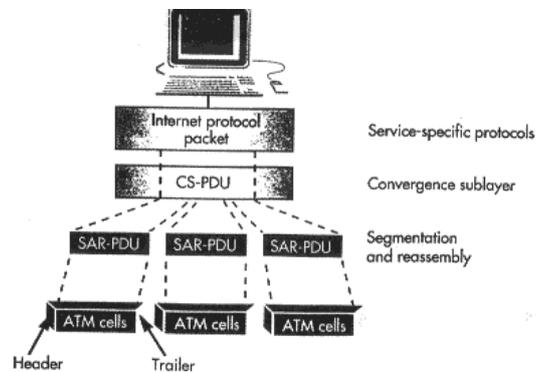
1) Capa de convergencia (convergence sublayer (CS)):

En esta capa se calculan los valores que deben llevar la cabecera y los payloads del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

2) Capa de Segmentación y reensamblaje (segmentation and reassembly (SAR))

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La figura siguiente aporta una mejor comprensión de ellas. La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y paquetizar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos longitud variable.



Estos paquetes son conocidos como (CS - PDU) CONVERGENCE SUBLAYER PROTOCOL DATA UNITS.

Luego, la sub capa recibe los SAR CS - PDU, los reparte en porciones del tamaño de la celda ATM para su transmisión. También realiza la función inversa (reensamblado) para las unidades de información de orden superior. Cada porción es ubicada en su propia unidad de protocolo de segmentación y reensamblado conocida como (SAR - PDU) SEGMENTATION AND REASSEMBLER PROTOCOL DATA UNIT, de 48 bytes.

Finalmente cada SAR - PDU se ubica en el caudal de celdas ATM con su header y trailer respectivos.

#### *AAL1.*

AAL-1 se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.

Capa de convergencia:

Las funciones provistas a esta capa difieren dependiendo del servicio que se proveyó. Provee la corrección de errores.

Capa de segmentación y reensamblaje:

En esta capa los datos son segmentados y se les añade una cabecera. La cabecera contiene 3 campos (ver diagrama)

- Número de secuencia usado para detectar una inserción o pérdida de un paquete.
- Número de secuencia para la protección usado para corregir errores que ocurren en el número de secuencia.
- Indicador de capa de convergencia usado para indicar la presencia de la función de la capa de convergencia.

#### *ALL 2:*

AAL-2 se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta pueda recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse.

Capa de convergencia:

Esta capa provee para la corrección de errores y transporta la información del tiempo desde el origen al destino.

Capa de segmentación y recuperación:

El mensaje es segmentado y se le añade una cabecera a cada paquete. La cabecera contiene dos campos.

- Numero de secuencia que se usa para detectar paquetes introducidas o perdidas.

- El tipo de información es:
  - BOM, comenzando de mensaje
  - COM, continuación de mensaje
  - EOM, fin de mensaje o indica que el paquete contiene información de tiempo u otra.

El payload también contiene dos campos:

- Indicador de longitud que indica el número de bytes validos en un paquete parcialmente lleno.
- CRC que es para hacer el control de errores.

### AAL 3.

AAL-3 se diseña para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. AAL-3 puede ser dividido en dos modos de operación:

1. Fiable: En caso de perdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.
2. No fiable: La recuperación del error es dejado para capas mas altas y el control de flujo es opcional.

### Capa de convergencia.

La capa de convergencia en AAL 3 es parecida al ALL 2. Esta subdividida en dos secciones:

1. Parte común de la capa de convergencia. Esto es provisto también por el AAL-2 CS. Añade una cabecera y un payload a la parte común.

La cabecera contiene 3 campos:

- Indicador de la parte común que dice que el payload forma parte de la parte común.
- Etiqueta de comienzo que indica el comienzo de la parte común de la capa de convergencia.
- Tamaño del buffer que dice al receptor el espacio necesario para acomodar el mensaje.

El payload también contiene 3 campos:

- Alineación es un byte de relleno usado para hacer que la cabecera y el payload tengan la misma longitud.
- Fin de etiqueta que indica el fin de la parte común de la CS (capa de convergencia).
- El campo de longitud tiene la longitud de la parte común de la CS.

2. Parte específica del servicio. Las funciones proveídas en esta que capa dependen de los servicios pedidos. Generalmente se incluyen funciones para la recuperación y detección de errores y puede incluir también funciones especiales.

Capa de segmentación y reensamblaje:

En esta capa los datos son partidos en paquetes de ATM. Una cabecera y el payload que contiene la información necesaria para la recuperación de errores y reensamblaje se añaden al paquete. La cabecera contiene 3 campos:

1) Tipo de segmento que indica que parte de un mensaje contiene en payload. Tiene uno de los siguientes valores:

- BOM: Comenzando de mensaje
- COM: Continuación de mensaje
- EOM: Fin de mensaje
- SSM: Mensaje único en el segmento

2) Numero de secuencia usado para detectar una inserción o una pérdida de un paquete.

3) Identificador de multiplexación. Este campo se usa para distinguir datos de diferentes comunicaciones que ha sido multiplexadas en una única conexión de ATM.

El payload contiene dos campos:

1) Indicador de longitud que indica el número de bytes útiles en un paquete parcialmente lleno.

2) CRC es para el control de errores.

*ALL 4:*

AAL-4 se diseña para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y o fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.

AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5 manejan varios tipos de servicios de datos sobre la base de tasas de bits variables tales como Switched Multimegabit Data Service (SMDS), Frame Relay o tráfico de redes de área local (LAN). AAL 2 y AAL 3 soportan paquetes orientados a conexión. (Ver figura No.5)

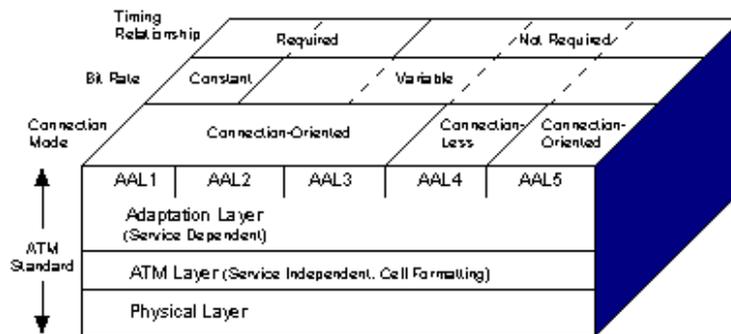


Fig 5 ATM and the AAL

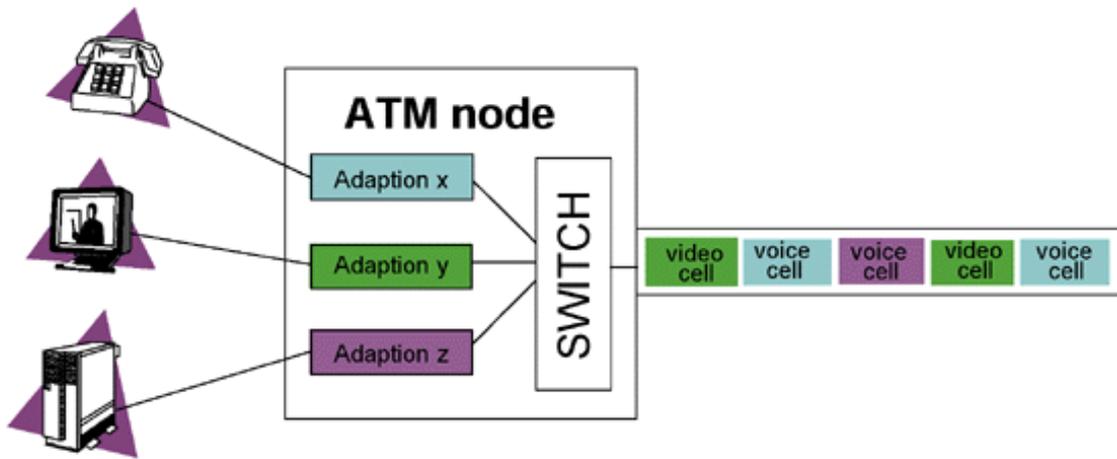
(El término orientado a conexión describe la transferencia de datos después del establecimiento de un circuito virtual).

## B-ISDN Y ATM

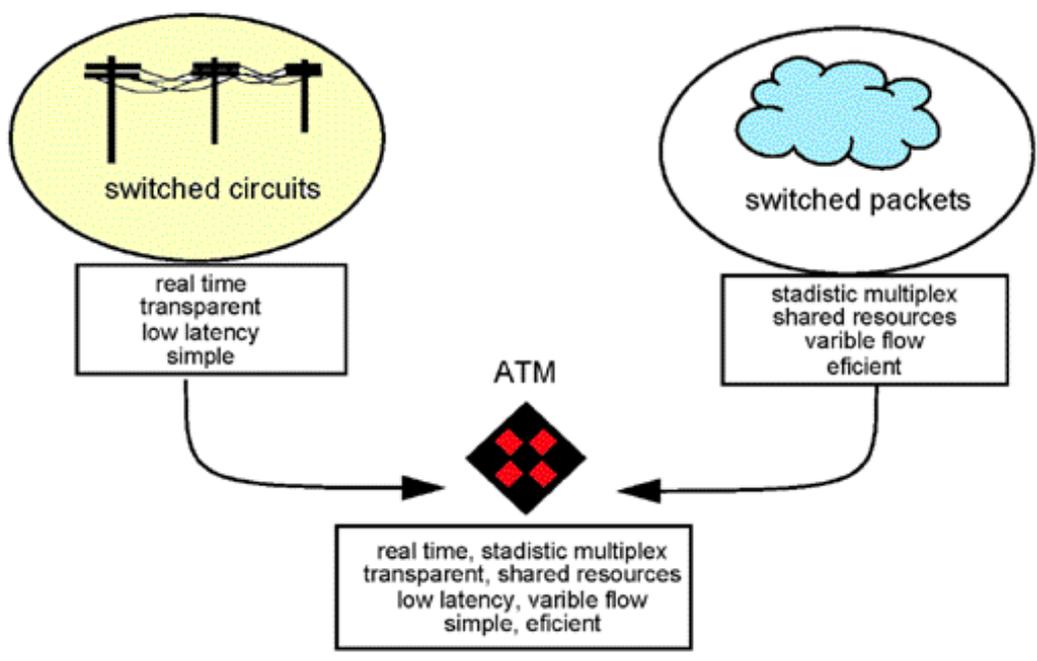
Existe cierta confusión entre ATM y B-ISDN, y a menudo se usa incorrectamente un término por el otro. La diferencia es clara:

- 1.- El ATM es una tecnología para la conmutación de células en alta velocidad utilizable en múltiples entornos, LAN, MAN y WAN.
- 2.- El B-ISDN es una red de área extensa (WAN) que utiliza el N-ISDN como modelo de referencia y señalización; el ATM como tecnología de conmutación y el SDH como estándar de transporte dentro de la red.

Es decir, otros tipos de redes como por ejemplo una LAN puede también utilizar la tecnología ATM pero no han de utilizar necesariamente ni el SDH y ni el modelo de referencia ISDN.



Services	Adaptation layer	ATM layer	Physical Layer
----------	------------------	-----------	----------------



## **ANEXO 4.**

### **PDH – Jerarquía Digital Plesiócronas.**

#### **JERARQUÍAS DIGITALES.**

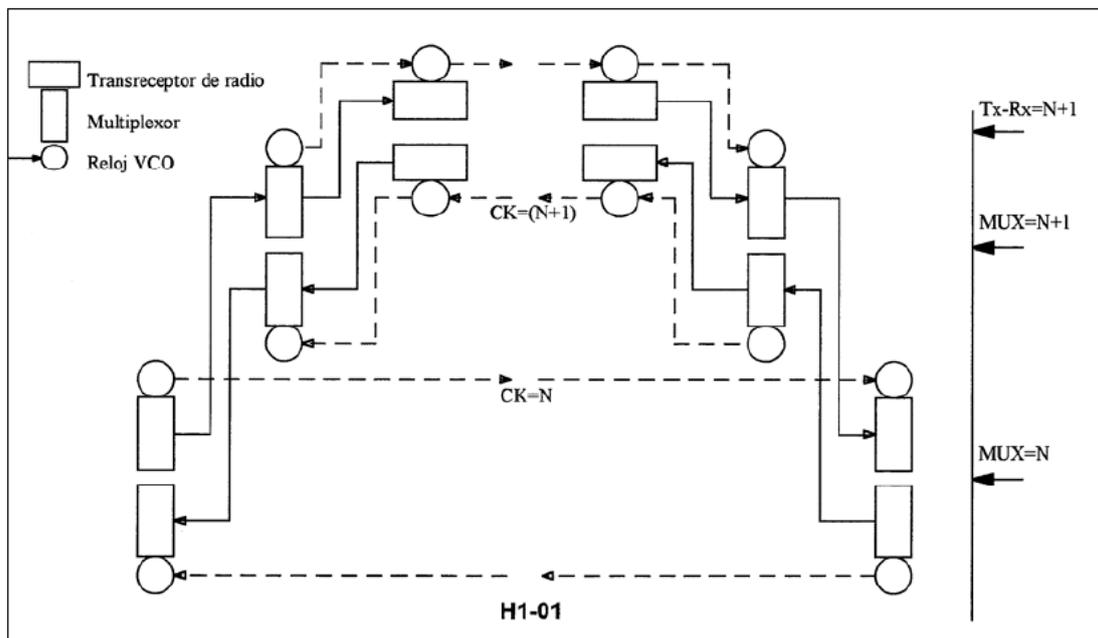
En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica usada en las redes digitales se encuentra estandarizada en 64 kb/s, las velocidades de los órdenes de multiplexación en cambio forman varias jerarquías.

La **jerarquía europea**, usada también en Latinoamérica, agrupa 30+2 canales de 64 kb/s para obtener 2.048 kb/s. Luego, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, se obtiene las velocidades de 8.448 kb/s; 34.368 kb/s y 139.264 kb/s.

La **jerarquía norteamericana** agrupa en cambio 24 canales a una velocidad de 1.544 kb/s. Posteriormente genera 2 ordenes superiores (x4) a 6.312 kb/s y (x7) a 44.736 kb/s.

La **jerarquía japonesa** recupera el valor de 6.312 kb/s pero obtiene los órdenes jerárquicos de (x5) 32.064 kb/s y (x3) 97.728 kb/s.

Las velocidades de cada orden es levemente superior al producto de la velocidad de tributario por el número de entradas, debido al agregado de información adicional (*OverHead*). El ordenamiento de la jerarquía a 2048 kb/s se estudia en detalle en este trabajo. A las jerarquías mencionadas se las denomina **Plesiócronas PDH** porque el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles. En oposición se encuentra la jerarquía **Sincrónica SDH** que adopta un solo reloj para toda la red.



**Fig 01. Sincronismo entre extremos en la jerarquía PDH.**

La jerarquía de 1544 y 2048 kb/s se diferencian tanto en la codificación como en la trama. La norma de facto de 24 canales que da origen a 1544 kb/s se deriva del hecho que la Bell Labs (1960) pretendió mantener la compatibilidad con el sistema de 24 canales FDM. El origen de los 24 canales FDM se remonta al momento que se disponía de un tubo de vacío con un ancho de banda de 96 kHz (equivalente a 24 canales de 4 kHz de ancho de banda). En su lugar Europa, algunos años más tarde (1965), cambió la codificación (ley  $\mu$  por la ley A) e incorporó la velocidad de 2048 kb/s para adoptar una potencia de 2.

La secuencia histórica de ambas jerarquía demuestra el crecimiento exponencial de la tecnología en cuanto hace a la velocidad de trabajo:

PDH	Año	SDH	Año
2 Mb/s	Año 1966	155 Mb/s	Año 1992
8 Mb/s	Año 1970	622 Mb/s	Año 1992
34 Mb/s	Año 1973	2488 Mb/s	Año 1994
140 Mb/s	Año 1980	9976 Mb/s	Año 1999
565 Mb/s	Año 1985		

### MULTIPLEXACIÓN PLESIÓCRONA.

En la Fig 01 se muestra un diagrama para el concepto de red plesiócrona. Se observa que un nivel de multiplexación intermedio (genérico N) dispone de un reloj para el proceso en transmisión; el mismo se sincroniza en forma interna o se esclaviza con el reloj desde la recepción.

En este último caso, solo uno de ambos extremos puede funcionar con sincronismo en bucle (*loop* desde recepción) para el reloj.

En otras palabras; en un nivel puede existir "un" reloj para cada dirección o un bucle que contienen 4 osciladores controlados por tensión (VCXO) conectados en cadena. En el nivel superior (N+1) se conecta el equipo transreceptor (fibra óptica o radioenlace) que se encuentra en serie para la circulación del reloj. Es decir, el sistema de transmisión es sincrónico con el último nivel de multiplexación y plesiócrono con el resto de los niveles.

### **PRIMER ORDEN JERÁRQUICO**

TRAMA DIGITAL DE 2048 kb/s.

PRIMER ORDEN JERÁRQUICO. La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la Multitrama MFR (*MultiFrame*) consistente en 16 Tramas FR (*Frame*) numeradas desde fila 0 a 15. Cada trama tiene 32 columnas o Intervalos de Tiempo TS (*Time Slot*), numerados de 0 a 31. Cada intervalo de tiempo lleva un Octeto o Byte de un canal de 64 kb/s. En lo que respecta a los tiempos la trama tiene una duración de 125 µseg, correspondiente al período de muestreo de una señal telefónica (8 kHz). Cada uno de los 32 intervalos de tiempo dura entonces 3,9 µseg y cada bit tiene una duración de 488 nseg. Una multitrama ocupa un tiempo de 2 mseg (Fig 02).

El intervalo de tiempo TS:0 se utiliza para enviar el alineamiento de trama e información de supervisión del enlace. El intervalo de tiempo TS:16 se usa para Señalización Asociada al Canal. Los intervalos TS:1 a TS:15 y TS:17 a TS:31 llevan los canales de telefonía digital o datos a 64 kb/s. El conjunto de 32 canales (intervalos de tiempo) de 64 kb/s constituyen los 2048 kb/s.

### **ALINEAMIENTO DE TRAMA Y CRC**

En Fig 02 se observa la información contenida en el TS:0. Se alternan dos palabras de alineamiento de trama, denominadas con las siglas FR (*Frame*) y NFR (*No-Frame*):

- Palabra FR: C 0 0 1 1 0 1 1
- Palabra NFR: C 1 A N N N N N

Los bits N se encuentran reservados para uso nacional y corresponde a informaciones de 4 kb/s en cada bit (N=1 si no son usados). El bit A se usa para enviar una alarma de Pérdida de alineamiento de Trama LOF (*Loss Of Frame*) hacia el terminal corresponsal o remoto. Los bits C constituyen una señal de 8 kb/s que lleva información de paridad (CRC-4).



Esta basado en la superposición de una señal multiplexada sincrónica sobre un haz de luz transmitido sobre un cable de fibra-óptica. SDH también esta definido para funcionar con enlaces de radio, satélite e interfaces eléctricas entre los equipos.

SDH posibilita un importante incremento en la flexibilidad y el ancho de banda disponible que provee grandes ventajas respecto de los viejos sistemas de telecomunicaciones.

Estas ventajas incluyen:

- Una reducción en la cantidad de equipamiento y un incremento en la eficiencia de la red.
- La provisión de bytes de *overhead* y *payload* – los bytes de *overhead* permiten la administración de los bytes de *payload* sobre una base individual y facilitan la seccionalizacion de fallos centralizada.
- La definición de un formato de multiplexion sincrónico para trabajar con señales digitales de bajo nivel (como 2, 34 y 140Mbps) que simplifica en gran medida la interface a los *switches* digitales, *cross-connects* digitales y multiplexores *add-drops*.
- La disponibilidad de un conjunto de estándares, que permiten interoperatividad multi-vendedor.
- La definición de una arquitectura flexible capaz de adaptarse a futuras aplicaciones, con una variedad de tasas de transmisión.

Una de las ventajas fundamentales de SDH es el hecho de que es sincrónico. Actualmente, la mayoría de los sistemas de fibra y multiplexion son plesiocronas. Esto significa que el tiempo puede variar de equipo en equipo debido a que están sincronizados con diferentes relojes.

Como SDH es sincrónico, permite multiplexion y demultiplexion en un nivel-simple.

Esta multiplexion en nivel-sencillo elimina el hardware complejo, y por lo tanto decrementa el costo del equipamiento mientras se mejora la calidad de la señal.

En las redes plesiocronas, una señal entera debe ser demultiplexada para poder acceder a un canal particular; luego los canales no accedidos tienen que ser re-multiplexados para poder ser enviados a lo largo de las redes a su propio destino. En el formato SDH, solo aquellos canales que son requeridos en un punto particular son demultiplexados, por lo tanto se elimina la necesidad de re-multiplexar. En otras palabras, SDH crea canales individuales “visibles” y pueden ser fácilmente agregados o eliminados.

### Señal SDH básica.

El formato básico de una señal SDH permite cargar muchos servicios diferentes en su Contenedor Virtual (VC) debido a su ancho de banda flexible. Esta capacidad permite la transmisión de servicios de conmutación de paquetes de alta velocidad, ATM, video contribución, y video distribución.

### Jerarquías de transmisión.

Siguiendo el desarrollo de ANSI del estándar SONET, la ITU-T definió un estándar que direccionaría entre las jerarquías de transmisión de 2048 y 1554 Kbps.

Este esfuerzo culminó en 1989 con la publicación de la ITU-T del estándar Jerarquía Digital Sincrónica (SDH).

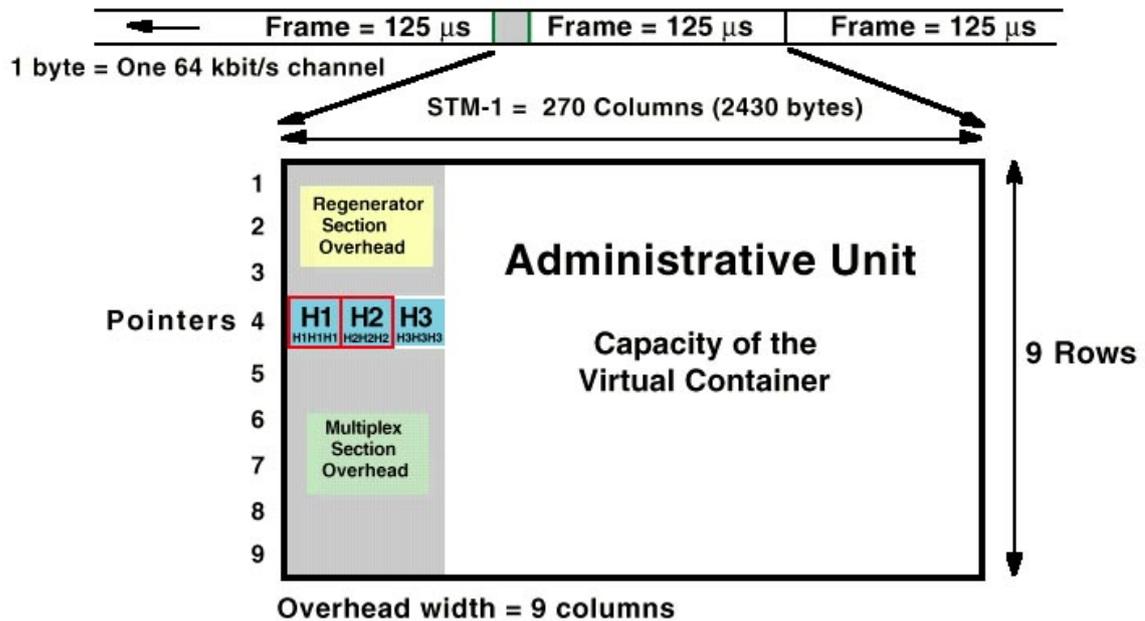
### Jerarquía SDH

Bit Rate	Abreviación	SDH	Capacidad SDH
51.84 Mbps	51 Mbps	STM-0	21 E1
155.52 Mbps	155 Mbps	STM-1	63 E1 o 1 E4
622.08 Mbps	622 Mbps	STM-4	252 E1 o 4 E4
2488.32 Mbps	2.4 Gbps	STM-16	1008 E1 o 16 E4
9953.28 Mbps	10 Gbps	STM-64	4032 E1 o 64 E4
39813.12 Mbps	40 Gbps	STM-256	16128 E1 o 256 E4

STM= Modulo de Transporte Sincrónico

### Estructura de la trama SDH.

La trama STM-1 es el formato de transmisión básico para SDH. La trama tiene un ancho de pulso de 125 microsegundos, por lo tanto, existen 8000 tramas por segundo. La trama STM-1 consiste de *overhead* más una capacidad de contenedor virtual.



### Anomalías, defectos, fallas y alarmas del SDH.

La estructura de la trama SDH ha sido desarrollada para contener una gran cantidad de información de *overhead*. La información de *overhead* provee de una variedad de funciones tales como:

- Señales de Indicación de Alarmas (AIS)
- Monitoreo de Rendimiento de Errores utilizando BIP-N
- Información de Ajustes de Punteros
- Estado de la Ruta
- Trazado de la Ruta
- Sección de Trazado

Gran cantidad de esta información de overhead esta relacionada con alarma y monitoreo de las secciones SDH particulares en servicio.

### Beneficios de SDH-Conclusiones:

Una red de transporte utilizando SDH provee capacidades de red mucho mas poderosas que en los sistemas asincrónicos existentes. Los principales beneficios provistos por SDH son:

### **Punteros, MUX/ DEMUX:**

Como resultado de la transmisión SDH, los relojes de la red están sujetos a una gran estabilidad con punto de referencia; por lo tanto la necesidad de alinear las cadenas de datos utilizando un tratamiento de bits no determinístico es innecesario.

Por lo tanto, un canal con una tasa mas baja como un E1 es directamente accesible, y una demultiplexion intermedia no es necesaria para acceder a la cadena de bits.

### **Interconexión Óptica:**

Un beneficio fundamental del SDH es que permite una compatibilidad multi-vendedor.

Los estándares de hoy de SDH contienen definiciones para interfaces de fibra-fibra en el nivel físico. Determinan la tasa lineal óptica, la longitud de onda, los niveles de potencia, las figuras de pulso y codificación. Los estándares actuales también definen la estructura de la trama, *overhead*, y el mapeo de *payload*.

Se están desarrollando mejoras para definir mensajes en los canales de *overhead* para proveer una mayor funcionalidad OAM.

### **Configuraciones Multi-Punto:**

La mayoría de los sistemas de transmisión asincrónica existentes son solo económicas para aplicaciones punto-a-punto, SDH puede soportar eficientemente una configuración multi-punto o *cross-connected*.

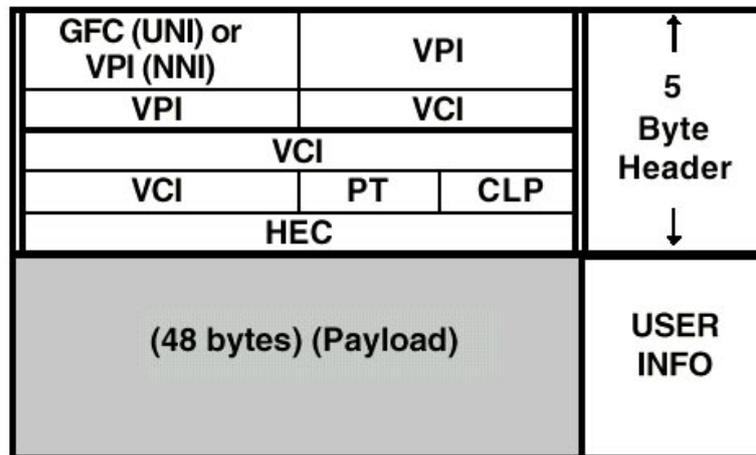
La *cross-connected* permite a muchos nodos o sitios comunicarse como una red sencilla en lugar de conectarse como sistemas por separado. *Cross-connecting* reduce los requerimientos para la multiplexion y demultiplexion. Los proveedores de redes no necesitaran mantener el equipamiento ubicado en un cliente. Una implementación multi-punto permite interconexiones STM-N permitiendo a los proveedores de redes y a sus clientes optimizar su uso compartido de la infraestructura SDH.

### **Convergencia, ATM, Video y SDH:**

La convergencia es el camino para la entrega de voz, datos, imágenes y video a través de diversos sistemas de transmisión y conmutación que permite transporte a alta velocidad sobre cualquier medio y a cualquier ubicación. Muchos de los nuevos servicios de banda ancha pueden utilizar el Modo de Transferencia Asincrónica (ATM) – una técnica de conmutación de paquetes rápida utilizando paquetes pequeños, de tamaño fijo llamados celdas. ATM multiplexa un servicio en celdas que pueden ser combinadas y ruteadas como sea necesario. Debido a la capacidad y a la flexibilidad que ofrece, SDH es un mecanismo de transporte lógico para ATM.

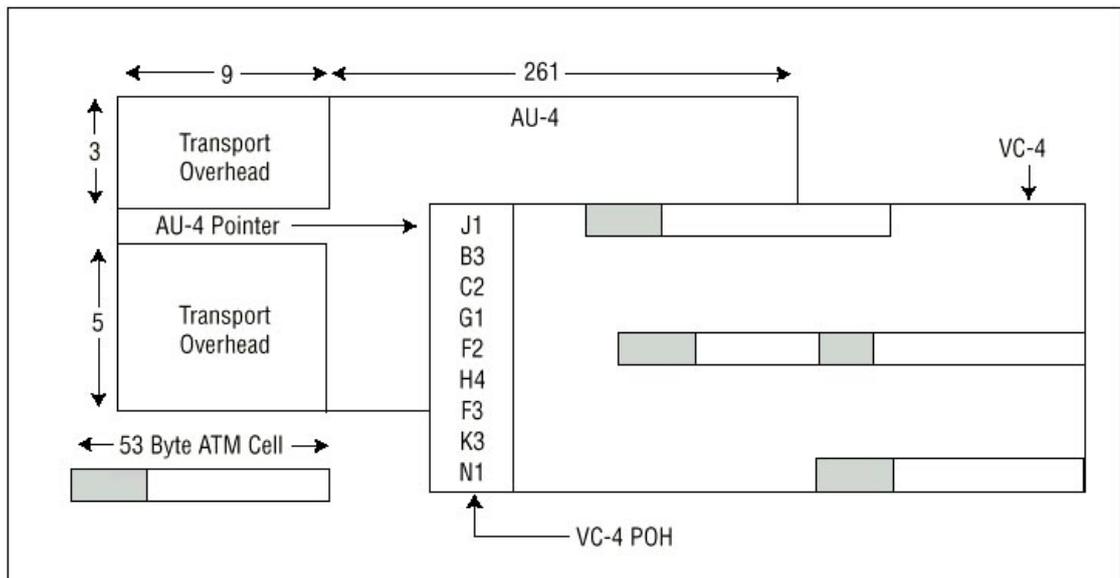
En principio, ATM es bastante similar a otras técnicas de conmutación de paquetes; sin embargo el detalle de las operaciones ATM es algo diferente. Cada celda ATM esta formada por 53 bytes. De estos, 48 bytes forman el campo de datos usuario y 5 bytes son del encabezado. El encabezado identifica la “ruta virtual” para ser utilizada en el ruteo de la celda a través de la red. La ruta virtual define las conexiones a través de las cuales la celda será ruteada para alcanzar su destino. Una red basada en ATM tiene un ancho de banda flexible, que permite la manipulación dinámica de una mezcla variable de servicios de diferentes anchos de banda. ATM también adapta fácilmente el tráfico de diversas velocidades. Un ejemplo de un servicio que muestra los beneficios de una

***The ATM cell consists of two parts: a five-byte header and a 48-byte information field.***



**VCI: Virtual Channel Identifier    PTI: Payload Type Indicator**  
**VPI: Virtual Path Identifier        CLP: Cell Loss Priority**  
**HEC: Header Error Check            GFC: Generic Flow Control**

interface de tasa-variable es un servicio de video, donde el video puede ser codificado digitalmente y empaquetado dentro de celdas ATM. La tasa en la que las celdas pueden ser transmitidas a través de la red depende de la capa física de la red utilizada para el transporte de las celdas. La tasa de la interface presentada a los usuarios puede variar entre una tasa máxima y mínima, que asegura una utilización mucho mas eficiente del ancho de banda disponible para el usuario final.



### Referencia SONET:

Los estándares de transmisión en los U.S., Canadá, Korea, Taiwan y Hong Kong (ANSI) y el resto del mundo (ITU-T) evolucionaron de diferentes señales de tasa-básica en una jerarquía no-sincrónica.

### Jerarquías Sonet y SDH:

SONET y SDH convergen en un nivel básico a 155 Mbps definido como STM-1 o "Modulo-1 de Transporte Sincrónico". El nivel base para SONET es STS-1 (o OC-1) y es equivalente a 51.84 Mbps. Por lo tanto, el STM-1 de SDH es equivalente al STS-3 de SONET ( $3 \times 51.84 \text{ Mbps} = 155.52 \text{ Mbps}$ ). Las tasas mas altas de SDH de STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2.4 Gbps), y STM-64 (10 Gbps) también han sido definidas.

## Jerarquías Digitales SONET/ SDH

SONET	Bit Rate	SDH	Capacidad SONET	Capacidad SDH
STS-1, OC-1	51.84 Mbps	STM-0	28 DS1 o 1 DS3	21 E1
STS-3, OC-3	155.52 Mbps	STM-1	84 DS1 o 3 DS3	63 E1 o 1 E4
STS-12, OC-12	622.08 Mbps	STM-4	336 DS1 o 12 DS3	252 E1 o 4 E4
STS-48, OC-48	2488.32 Mbps	STM-16	1344 DS1 o 48 DS3	1008 E1 o 16 E4
STS-192, OC-192	9953.28 Mbps	STM-64	5376 DS1 o 192 DS3	4032 E1 o 64 E4
STS-768, OC-768	39813.12 Mbps	STM-256	21504 DS1 o 768 DS3	16128 E1 o 256 E4

Nota: Aunque un STM-1 de SDH tiene la misma tasa que el STS-3 de SONET, las dos señales contienen diferentes estructuras de tramas.

STM= Modulo de Transporte Sincrónico (ITU-T)  
 STS= Señal de Transporte Sincrónica (ANSI)  
 OC=Tono Óptico (ANSI)

## **GLOSARIO.**

3GPP	3rd Generation Partnership Project
3GPP PSS	Estándar para transmisión de contenidos en redes 3G.
AAL2	ATM Adaptación Layer 2
AAL5	Nivel de adaptación para segmentar los datos en celdas ATM. En el plano de Usuario los datos de la aplicación se adaptan mediante AAL2 (ATM Adaptación Layer 2) para la transmisión en celdas ATM
AMPS	Advanced Mobile Phone Service.
AMR	Adaptive Multi-Rate. Codificación de voz. Es un formato de compresión de audio optimizado para la codificación de voz. Gestiona dinámicamente el ancho de banda seleccionando entre ocho diferentes tasas de bits.
APN	Access Point Name, nombre de punto de acceso para GPRS que se configura en el móvil para tener acceso a Internet.
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ASF	Advanced Streaming Format (Formato de Streaming Avanzado)
ATM	Modo de transferencia asíncrono. Una arquitectura de red orientada a conexión, full-duplex, y punto a punto de celda conmutada de alta velocidad, fue creada para aplicar conceptos de conmutador de circuitos a redes de datos diseñada para llevar datos en celdas de 53 octetos, la ATM puede usarse para transmitir datos de voz y video separada o simultáneamente sobre la misma trayectoria de red.
AVI	Audio Video Interleave, Un formato de archivo de sonido y/o vídeo en los sistemas Windows.
Backbone	Se refiere al cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.
BER	Demanda de Retransmisión Automática
BS	Base Station

BSC	Base Station Controller. Forma parte del BSS, su función consiste básicamente en la asignación y liberación de canales de radio.
BSS	Base Station Subsystem. Sección de una red de telefonía celular que es responsable del manejo de tráfico y señalización entre un teléfono móvil y el subsistema de conmutación de la red. El BSS lleva a cabo la transcodificación de los canales de voz, asignación de los canales de radio en los teléfonos móviles, radio búsqueda, administración de la calidad en la transmisión y recepción en la interfaz de aire y algunas otras tareas relacionadas con la red de radio.
CAC	Control de Admisión de Llamada
CBT	Árbol Centralizado.
CC	Implementa las funciones relacionadas con el control de las llamadas (establecimiento y liberación).
CCA	Aplicación de Control de Crédito.
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radiodifusión.
CCN	Control Charging Node, Nodo de control de Facturación.
CDRS	Charging Detail Records.
CDS	Content Delivery System. Sistema que provee contenido multimedia.
Charging	Sistema de cobro del servicio de streaming
CIDB	Base de Datos con información de contenidos.
CIF-Q	Cola Imparcial de Paquetes Independiente de la condición de canal.
CLP	Cell Loss Priority. Indica el nivel de prioridad de las células, si este bit esta activo cuando la red ATM esta congestionada la célula puede ser descartada.
CN	Core Network.

Codec	Un dispositivo que consiste en un codificador y decodificador integrado el termino significa "codificador/decodificador". Un CODEC se usa para conversiones analógicas a digitales en que los datos analógicos son convertidos en señales digitales para transmisión a través de una red digital. un CODEC se usa también para decodificar éstas señales digitales de regreso a forma analógica en el extremo receptor.
Coeficientes DCT	Son valores reales resultantes de la matriz de la aplicación de la Transformada discreta del coseno (DCT).
Connectivity Components	Componentes de conectividad. Componentes mediante los que se conecta el NIN para interactuar con elementos externos.
Content Information Database	Base de Datos con información de contenidos. Su función es almacenar y administrar la información de contenidos que es utilizada para cobrar el servicio de streaming.
CORE	Dispositivo(s) considerado(os) como núcleo(s) en una red de comunicaciones.
CPU	Unidad de procesamiento central. La unidad computacional y de central de un equipo. El dispositivo que interpreta y realiza las Instrucciones.
CS	Circuit Switching .Es la conexión física entre circuitos eléctricos dedicados a transmitir cierta información en los que se establece un ancho de banda fijo o canal. En este tipo de redes los circuitos no puede ser utilizados para transmitir información hasta que no hallan sido desocupados. Se usa para las comunicaciones en tiempo real como las llamadas telefónicas.
CSP	Proveedor de servicios con contenido. Una compañía que proporciona a sus suscriptores con aplicaciones o tecnologías designadas a través de la Internet.
CUS	Sesiones de Usuario Concurrentes. Se refiere al número de sesiones de usuario de forma simultánea que se demandan al sistema.
DB	Data Base. Conjunto de datos pertenecientes al un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

DCS	Sistema de Comunicación Digital.
DC-SCAN	Algoritmo que emplea una orden de servicio circular SCAN para minimizar la búsqueda, sobrecarga del disco y variaciones de tiempo entre servicio, dando como resultado un alto throughput; eso reduce el retardo start-up adaptando dinámicamente la orden de servicio circular SCAN.
Dense mode	Modo de operación Denso.
DNS	Sistema de nombres de dominio. Un servicio de propósito general, distribuido, replicado y de consulta que se utiliza básicamente en Internet para la traducción de nombres de host en direcciones Internet.
Down stream	Descendente.
Downlink	Enlace en el sentido de recepción.
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol. Protocolo para aplicaciones multimedia.
EDF	Earliest Deadline First. Algoritmo de prioridad a la tarea más urgente. Asigna a cada tarea una prioridad inversamente proporcional a su plazo absoluto.
EDGE	Incremento de Velocidades de Datos para una Evolución Global, Última tecnología en transmisión inalámbrica de paquetes de datos sobre redes móviles que permite el uso de mayores anchos de banda y mayores velocidades de transmisión que GPRS.
FTP	Provee carga de contenido al servidor donde se almacenarán los contenidos de los diferentes proveedores del operador.
EPG	Electronic Program Guide. Guía electrónica de programas en donde se encuentran organizados de manera sencilla los contenidos o canales del proveedor del servicio.
ERP	Potencia nominal efectiva radiada (Effective radiated power).
Ethernet	Es un estándar de facto de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet	Un protocolo de red local desarrollado conjuntamente con Xerox, Intel y Digital Equipment Corporation (DEC) en el centro de investigación Xerox el nombre se derivó de la vieja sustancia teórica electromagnética llamada éter luminoso, del cual se creía que era el elemento universal invisible que mantenía unido al universo entero con todas sus partes asociadas. así, una red "éter" es una red que conecta todos los componentes unidos a la red.
ETSI	Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones. External Functions Interacción del NIN con un número de componentes con funciones externas para proveer servicios multimedia punto a punto.
F5	Líder en el mercado de las redes de cómputo.
FC-AL	Fibre Channel Arbitrated Loop. Unión de protocolos que permite a varios servidores y dispositivos de almacenamiento estar conectados dentro de una red de almacenamiento.
FCC	Comisión Federal de comunicaciones.
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FEC	Corrección de Error Adelantada.
FIFO	First In, First Out. Plan primero en entrar, primero en salir.
Firewall	Cortafuegos. Sistema diseñado para prevenir accesos no autorizados a una red privada. Pueden ser implementados tanto en el hw como en el sw, en uno de ellos o en combinación.
FTP	Upload Server. Servidor de carga por FTP.
Gap	Vacío de comunicación.
Gateway	Es el nodo de una red que sirve como entrada a otra red. Por ejemplo, cuando un usuario se conecta a Internet, esencialmente se conecta al servidor que muestra las páginas Web al usuario. Estos dos dispositivos son host no gateways.
GB	Interfaz entre el SGSN y la BSC.
GC	Interfaz entre el SGSN y el HLR.

GET	Contiene la dirección URL de la página Web que se solicita.
GFC	Generic Flow Control. El estándar originariamente reservó el campo GFC para labores de gestión de tráfico, pero en la práctica no es utilizado. Las celdas NNI lo emplean para extender el campo VPI a 12 bits.
GGSN	Gateway GPRS Support Node.
GI	Interfaz entre el GGSN y una red IP externa.
GN	Interfaz ente que conecta a través de una red IP interna el SGSN y el GGSN.
GOPS	Interfaz entre la red interna IP y otras redes de comunicaciones.
GPRS	Sistema de Radio para el Envío de Paquetes de Datos.
GR	Interfaz entre el MSC y el HLR.
GS	Es la interfaz que conecta las bases de datos en el MSC/HLR y el SGSN.
GSM	Global System for Mobile Communications.
GSS	Algoritmo que divide el grupo de n flujos en g grupos; los grupos pueden ser formados de tal forma que en todos los flujos comiencen los mismos grupos que tienen plazos similares; de acuerdo a SCAN se emplean flujos individuales dentro de un grupo.
GTD	Geométrica de la Difracción.
GTP	Protocolo de tunneling para GPRS, es un protocolo basado en IP usado en redes de segunda y tercera generación.
H.223	Es el estándar internacional para comunicación multimedia sobre redes de conmutación de paquetes, incluida la LAN, WAN, e Internet. En primer lugar, se define por la UIT en 1996 y se ha actualizado con regularidad. La versión más reciente es H.323 versión 5 (2003).
H.245	Protocolo de control usado en el establecimiento y control de una llamada.

H.324	Es el estándar internacional para comunicación multimedia más bajo bit-rate redes, incluida la PSTN y redes móviles de 3G.
Hand off	Se refiere al proceso de transferir una llamada en curso o período de sesiones los datos de un canal conectado a la red de base a otra.
Hard Handover	Se presenta cuando una llamada en curso cambia de cobertura de una célula con determinada frecuencia a otra célula con una frecuencia diferente y al realizar la transferencia entre las células los enlaces de radio ya establecidos se dan de baja antes de dar de alta los nuevos.
Hélix Mobile producer plus	Software combinador bajo demanda y codificador.
High Available	Alta disponibilidad.
Hosting Center	Es un sistema de computación al que se tiene acceso por un usuario en un lugar remoto. Típicamente el término se usa cuando se existen dos computadoras conectadas por medio de modem y líneas telefónicas.
HostID	Parte de la dirección IP que define al sistema en toda la red.
Hostname	Nombre del sistema.
HRL	Base de datos que registra una copia del perfil de servicio del usuario.
HSCSD	Circuito de conmutación de Datos de Alta Velocidad.
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access.
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto). Es el protocolo usado en cada transacción de la Web. Define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura Web para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor.

HW	Hardware. Es la parte física de un computador y más ampliamente de cualquier dispositivo electrónico.
Identity Database	Base de Datos de Identidad. Su función es definir si el usuario esta registrado o no.
InterHost	Servicio externo de alojamiento, administración y mantenimiento de contenidos.
Internetworking	Consiste de la conexión entre dos o más redes de computadoras distintas para formar una inter red (a menudo Internet acortada) usando dispositivos que operan en capa 3 del modelo OSI (routers o switches) para conectarlas y permitir que el tráfico fluya a través de ellas.
IP	Internet Protocol (protocolo de Internet).Es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados, los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes Las direcciones IP permiten que el envío de datos entre computadoras se haga de forma eficaz, tienen 32 bits, formados por cuatro campos de 8 bits separados por puntos. Cada campo puede tener un valor comprendido entre 0 y 255. la dirección IP esta organizada de una dirección de red, seguida de una dirección de red, seguida de una dirección de subred y de una dirección de Host.
IPIM	Protocol Independent Multicast.
IPLanet	Marca de producto utilizada en conjunto por Sun Microsystems y Netscape Communications Corporation para proveer software y servicios como parte de un trato de comercialización no exclusivo que fue conocido como "Alianza Sun Netscape".
ISO	Organización Internacional de Estandarización.
ISP	Proveedor de servicios de Internet. Una compañía que proporciona a sus clientes acceso a Internet.
IUM	Internet User Manager.
JAD	Java Application Descriptor.
La compuerta de enlace de Streaming	Es un servidor/Proxy-cache multimedia para streaming administra el contenido multimedia en la red del operador.

LADAP	Lightweight Directory Access Protocol. Es un protocolo de aplicación para servicios de directorio (consultas y modificaciones) que corre sobre TCP/IP. LDAP comúnmente es utilizado para servicios de autenticación, a pesar de los servicios de seguridad que causa.
LAN	Red de área local. Equipos conectados en una red geográficamente cercanos, como en el mismo edificio, campus y oficina.
LDAP Directory Server	Lightweight Directory Access Protocol. Protocolo a nivel de aplicación que permite el acceso a un servicio de directorio ordenado y distribuido para buscar diversa información en un entorno de red.
LDIF	Es un estándar de intercambio de datos de texto plano para representar contenido de directorios LDAP.
LDU	Logical data Unit, unidad de la capa multimedia.
Live media content	Contenido Multimedia.
Load Balancer	Módulos de hardware en los que se distribuyen procesos específicos.
Lossless	Técnicas de compresión reversibles son aquellas en las que después del proceso de compresión/ descompresión los datos resultantes no han sufrido ninguna degradación ni pérdida de calidad.
Lossy	Técnicas de compresión irreversibles son aquellas en las cuales una vez realizado el proceso de compresión/ descompresión el contenido resultante ha sufrido una degradación mas o menos perceptible.
Iu	Se encuentra entre el RNC y la MSC (Iu-CS) o SGSN (Iu-PS). El protocolo de señalización que utiliza es el RNAP (Radio Access Network Application Part).
Iu-CS	Interfaz con el dominio de conmutación de circuitos.
Iu-PS	Interfaz con el dominio de conmutación de paquetes.
M3UA	Nivel 3 de la PTM adaptado.

MAC	Controla el acceso al medio físico (resolución de colisiones).
Mai	Interferencia por acceso múltiple.
MDC Mediabridge redes	Codificación de múltiples descripciones. Puente de red. Es un dispositivo para interconexión de locales.
Método de autenticación RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Server. Protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP. Utiliza el puerto 1813 UDP para establecer sus conexiones.
MM	Realiza funciones relativas a la gestión de la movilidad de los usuarios (localización, actualización de posición, etc.).
MMC	Multimedia Messaging Center, Centro de mensajes multimedia.
Model-based	Basado en modelo.
MPEG	Moving Pictures experts group. Grupo de expertos de imágenes móviles (MPEG). Serie de estándares de compresión usados para comprimir datos multimedia.
Mrouters	Encaminadores multidifusion.
MSC/VLR	Nodo encargado de la conmutación (MSC) y la base de datos (VLR).
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number. Número que identifica singularmente una suscripción en una red móvil GSM o UMTS. Es el número telefónico de la SIM CARD de un teléfono celular.
MTU	Unidad Máxima de Transmisión. Es el tamaño del datagrama más grande que puede enviarse a través de una red.
MTV	Mobile TV Server. (Servidor de tv móvil) Provee a las terminales de usuario una experiencia como cuando se navega a través de contenidos multimedia en la TV por medio de una característica de selector de canal PS y CS.

Multicast delivery tree	Árbol de entrega multicast.
Multicast	Es el envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente, usando la estrategia más eficiente para el envío de los mensajes sobre cada enlace de la red sólo una vez y creando copias cuando los enlaces en los destinos se dividen.
NBAP	Funciones: gestión de enlaces radio, gestión del nodo B, medidas (potencia), reporte de fallos.
NMS	Network Management System. Sistema de Administración de la Red.
NNI	Network to Network Interface, se refiere a la conexión de Switches ATM en redes privadas
OGW	On line Gateway.
OSPF	Open Shortest Path First. Es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior o IGP (Interior Gateway Protocol), que usa el algoritmo Dijkstra enlace-estado (LSA Link State Algorithm) para calcular la ruta más corta posible.
OVSF	Factor de Dispersión de Variable Ortogonal, Walsh. El código OVSF permite que los usuarios sean identificados de forma única mediante el establecimiento de un enlace único desde el móvil hasta la estación base o celda. Para el manejo del amplio rango de velocidades disponibles, se emplea códigos de extensión variable para la dispersión. Mientras más alta sea la velocidad de datos, más corto será el código OVSF.
Palm	Es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura. Hoy día se puede usar como una computadora doméstica.
Payload	Carga útil. Tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como datos del usuario.
PCM	Pulse Code Modulation (Modulación por impulsos codificados).

PCS	Servicios de Comunicaciones Personales
PDC-P	Packet Data Convergence Protocol. Es una de las capas de la pila de radio tráfico en UMTS y desempeña compresión y descompresión IP de la cabecera.
Performance Management	Administrador de desempeño. Controla y coordina mediciones estadísticas del desempeño del NIN (uso y carga).
PN	Pseudo-ruido.
PPM	Packet Mobility Management.
Probe-based	Basado en sondeo.
MOSPF	Protocolo, Multicast OSPF.
Proxy-cache	Esta clase de servidor agiliza la velocidad de búsqueda en la WEB, ya que al recibir una petición de un cliente, primero busca la URL en su base de datos (caché local) y si la encuentra devuelve el documento inmediatamente.
PS	Packet Switching. Es un principio básico en las comunicaciones en donde se dice que determinado paquete de información que forma parte de un mensaje, traza su recorrido entre los sistemas anfitriones (hosts), sin que este camino (path) esté predeterminado.
PSTN	Red telefónica publica conmutada. El sistema tradicional de teléfonos analógicos usado en los estados unidos que fue originalmente diseñado para transmisiones de voz.
PT	Payload Type. Identifica el tipo de datos de la celda (de datos del usuario o de control).
PTM3	Nivel 3 de la parte de transferencia de mensajes del SSCC No7.
QoS	Quality of Service. Nivel de calidad que se le da al usuario cuando recibe un servicio.
QPSK	Es la arquitectura multimedia estándar desarrollada por Apple que consiste en un conjunto de bibliotecas y un reproductor multimedia (QuickTime player).

RAN	Radio Accses Network es la red situada entre el equipo telefónico móvil y el núcleo de la red.
RANAP	Parte de la aplicación que define mensajes para establecimiento de conexiones y funciones de control de la movilidad.
Rate shapers	Taza de configuración. Es una interfaz (o filtro) entre la capa de compresión y la capa de transporte de red, o entre dos segmentos de red, con la cual el flujo de video puede ser transmitido en el ancho de banda disponible de la red.
Rate shaping	Razón de Forma.
Rate-Monotonic Scheduling	Algoritmo de prioridad de tareas con razón monótona. Específicamente la tarea con el periodo más corto (o la razón más alta) tiene la más alta prioridad y la tarea con el periodo más largo (o la razón más baja) tiene la más baja prioridad; así las tareas son procesadas en orden de prioridades.
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados.
RDT	RealNetworks Data Transport, Protocolo para transferencia de información.
Real Player	Es el reproductor de medios multiplataforma de RealNetworks que reproduce formatos multimedia como MP3, MPEG-4, Quick Time, Windows Media y multiples versiones de los formatos propietarios de RealAudio y RealVideo.
RLC	Realiza las funciones necesarias para el establecimiento, mantenimiento y liberación de una conexión de enlace lógico.
RNS	Radio Network System.
RNSAP	Radio Network Subsystem Application Protocol. Parte de la aplicación que define mensajes para establecimiento de conexiones y funciones de control de la movilidad.
ROAMING	Se refiere a la capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida en conectividad.
ROC-SP	Hosting Center.

RPF	Propagación por la Trayectoria Inversa.
RRC	Control de los recursos radio (handover, control de potencia).
RSSI	Received Signal Strength Indication, es una medida de la potencia presente en una señal de radio recibida.
RTCP	Protocolo de transporte en tiempo real.
RTP	Real Time Protocol.
RTSP	Real Time Streaming Protocol (Protocolo de flujo de datos en tiempo real). Establece y controla uno o más flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de vídeo. El RTSP es un protocolo no orientado a conexión, en lugar de esto el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador.
RTT	Round Trip delay Time. Es el Tiempo para Establecer la Conexión.
SA	Small configuration. Configuración compacta.
SAAL	Signaling ATM Adaptation Layer. Protocolo de transporte para señalización de mensajes.
SAN	Storage área Network. Red dedicada al transporte de datos para almacenamiento y recuperación de los mismos.
SCAN-EDF	Combina la optimización de búsqueda del método de disco programado tradicional SCAN y las garantías de tiempo real del mecanismo EDF. Note que el mecanismo EDF en disco programado no es preventivo, es diferente del esquema preventivo EDF usado en administración de procesos.
SCCP	Nivel 3 de la parte de transferencia de mensajes del SSCC No7
Scrambling	se utilizan para separar usuarios en el UL y celdas en DL. Estos códigos pueden ser largos (38400 chips) o cortos (256 chips) en el UL y son largos en el DL. Los códigos largos son códigos de Gold mientras los cortos pertenecen a la familia de códigos extendidos S(2).
SCTP	Protocolo de transmisión de control simple. Especialmente diseñado para transporte de señalización en Internet.

SDES	Session Description Protocol Security Descriptions for Media Streams. Es un método para negociar la clave criptográfica para SRTP.
SDH	Jerarquía digital sincrónica (SDH). Un estándar de capa física ITU que provee una especificación internacional para transmisión digital de alta velocidad por medio de fibra óptica.
SDP	Service Data Point Charging System.
Sender-based	Basado en emisor.
Servidor Web SGSN	Servidor que provee contenido multimedia estático. Serving GPRS Support Node.
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language. estándar para presentaciones multimedia. Permite integrar audio, video, imágenes, texto o cualquier otro contenido multimedia.
SMS	Servicio de Mensajes Cortos.
SNR	Relación Señal a Ruido.
Soft handover	Se presenta cuando una llamada en curso cambia de cobertura de una célula con determinada frecuencia a otra célula con la misma frecuencia y al realizar la transferencia entre las células los enlaces de radio se añaden y eliminan de manera que la UE mantiene siempre al menos un enlace de radio a la UTRAN.
SONET	Red óptica sincrónica. Un estándar de capa física ANSI que proporciona una especificación internacional para una transmisión digital de alta velocidad por medio de fibra óptica en la interfaz fuente, las señales son convertidas de forma eléctrica a forma óptica, ellas son luego convertidas de regreso a forma eléctrica en la interfaz destino. El bloque de construcción básico de la jerarquía de señal SONET es STS-1.
Sparse mode	Modo de operación Esparcido.
Spreading Factor	Factor de ensanchamiento.

SSCC	Sistema de Señalización de Canal Común.
SSCF	Función de control específica del servicio del SAAL en redes ATM.
SSCOP	Protocolo orientado a conexión del SAAL en redes ATM.
SSO	Single Sign-On. Proceso mediante el cual el NIN realiza una validación del usuario para brindarle o no el servicio de streaming.
SSP	Protocolo de flujo de sincronización.
SSRC	Synchronization Source. Campo en el protocolo RTP que identifica la fuente de sincronización.
Streaming Server	Servidor que provee los servicios de reproducción de contenidos.
Suscriber Database	Base de datos de suscriptores.
SW	Software. Instrucciones o información que procesa o puede almacenar una computadora.
T3/E3	Enlaces físicos ancho de banda (44,736 Mbps/34,368 Mbps).
TCP	Protocolo de control de transmisión. Un protocolo orientado a conexión de la capa 4 que efectúa varias funciones, incluyendo proporcionamiento de una transmisión confiable de datos por medio de detección y corrección de datos extremo a extremo; garantizar que los datos son transferidos exactamente y en la secuencia apropiada a través de una red; retransmitir cualquier dato no recibido por el nodo destino, garantizar contra duplicación de datos entre los nodos emisor y receptor.
Throughput	Cantidad de información que fluye en la red. Capacidad de procesamiento. Rendimiento.
TI/EI	Enlace físicos ancho de banda (1,544 Mbps/2,048 Mbps).
TOP	Las descargas con más ranking.
TPEG	Desarrollado por Transport Protocol Experts Group.

Tunneling	Encapsulado. Técnica mediante la cual un paquete es encapsulado en un protocolo de alto nivel y pasa a través del sistema de transporte. El Mbone aplica la técnica de túnel en cada datagrama de multidifusión IP en lugar de aplicarla a un datagrama convencional IP.
UDP	Protocolo de transporte no orientado a la conexión. Envío de paquetes de información bajo el protocolo User Datagram Protocol que funciona en redes TCP. Se limita a recoger el mensaje y enviar el paquete por la red, por lo que no es tan fiable.
UMTS	Sistema Móvil Universal de Telecomunicación.
UNI	User Network Interface, se refiere a la conexión de un Switch ATM de una empresa pública o privada con un terminal ATM de un usuario normal, siendo este último el más utilizado.
Unicast	Uní difusión. Método mediante el cual un paquete se envía a un solo destino la mayor parte de los datagramas IP se mandan vía unidifusión.
Up stream Uplink	Ascendente. Enlace en el sentido de transmisión.
URI	Uniform Resource Identifier. Proceso de validación (autorización) mediante la que se asegura que el usuario puede acceder al contenido solicitado.
User Management	Administrador de usuarios
UTD	Teoría Uniforme de la Difracción
UWC	United World Colleges.
Vc	Virtual Channel.
VCI	Virtual Channel Identifier, hace referencia a un campo de 16 bits en el encabezado de una celda ATM. El VCI, junto con el VPI, se utilizan para identificar el próximo destino de una celda a medida que pasa a través de una serie de switches ATM en su recorrido hasta el destino.
VCR	Video Casette recorder. Dispositivo de reproducción y grabación de vídeo que utiliza cassettes.

VoD	Video bajo demanda permite disponer de archivos de vídeo previa petición del mismo ya sea de forma gratuita o no.
VP	Virtual Path.
VPI	Virtual Path Identifier, hace referencia a un campo de 8 bits en el encabezado de una celda ATM. El VPI, junto con el VCI, se utiliza para identificar el próximo destino de una celda a medida que atraviesa una serie de switches ATM hasta llegar a su destino.
WAP WCDMA	Protocolo de Aplicación inalámbrica. Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código.
Web GUI	Web Graphical User Interface. Interfaz grafica implementada en la Web para el usuario, la cual le permite interactuar con un sistema de dispositivos generalmente electrónicos como computadoras.
WIMS	Servicios sin hilos Integrados de la Red Digital de Multimedia.
WMA	Windows Media Audio. es un formato de compresión de audio con pérdida.
WMV	Windows Media Video. es un nombre genérico que se da al conjunto de algoritmos de compresión ubicados en el set propietario de tecnologías de video desarrolladas por Microsoft, que forma parte del Framework Windows Media. El vídeo a menudo se combina con sonido en formato Windows Media Audio.
WSP	Protocolo para establecimiento de sesión WAP.

## **BIBLIOGRAFIA.**

### **Libros.**

“Routing in the Internet”  
Christian Huitema  
Prentice Hall PTR, 1995.

“Wireless IP and Building the mobile internet”  
Sudhir Dixit, Ramjee Prosad  
2003

“Wireless and Personal Communications Systems”.  
Garg, Vijay K., Wilkes, Joseph E.  
Prentice Hall,  
EU, 1996.

“Cellular Mobile Radiotelephones System”.  
Gibson, Stephen W.  
Prentice Hall,  
EU, 1987

Tesis: “Diseño de radiofrecuencia de una red de servicios de comunicación personal”  
Reyes S., Daniel, Guillermo Salinas González.  
México, Mayo del 2000.

### **Artículos.**

Gregory J. Conklin, Gary S. Greenbaum, Karl O. Lillevold, Alan F. Lippman, Yuriy A. Reznik, *Video Coding for Streaming Media Delivery on the Internet*, 1051-8215 2001 IEEE

Raghupathy Sivakumar, Prasun Sinha, and Vaduvur Bharghavan University of Illinois at Urbana-Champaign  
“CEDAR: A Core-Extraction Distributed Ad Hoc Routing Algorithm”;  
IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 17, No. 8, August 1999.

Active filters: delivering scalable media to mobile devices. Balachandran, A., A. T. Campbell, y M.E. Kounavis. ST. Louis, MO, Seventh International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV'97), 125-35, Mayo 1997.

Fault tolerant design of multimedia servers. Berson, S., L. Golubchik, y R.R. Muntz. *ACM SIGMOD`95*, 364-75, Mayo 1995.

On utility-fair adaptive services in wireless networks. Bianchi, G., A. T. Campbell, y R. Liao, Napa Valley, *Sixth International Workshop on Quality of Service (IWQoS`98)*, CA. Mayo 1998, 256-67.

A media synchronization survey: referente model, specification, and case studies. Blakowski, G., y R. Steinmetz. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* (Enero 1996), 14(1):5-35.

A hierarchical Internet objet cache. Chankhunthod, A., P.B. Danzing, C. Neerdaels, M. F. Schwartz, y K. J. Worrell. *USENIX 1996 Annual Technical Conference*, Enero 1996, 153-63.

Support for fully interactive playout in a disk array based video server. Chen, M., D. D. Kandlur, y P. S. Yu. *ACM Multimedia`94*, San Francisco, CA, Oct. 1994, 391-98.

On the use of destination set grouping to improve fairness in multicast video distribution. Cheung, S. Y., M. Ammar, y X. Li., *IEEE INFOCOM`96*, 2:553-60, Marzo 1996.

Scheduling perodic jobs thah allows imprecise results. Chung, J. Y., J. W. S. Liu, y K. J. Lin. *IEEE Transactions on Computers* 19(9):1156-73. (Sept. 1990)

Effects of scheduling on file memory operations. Denning, P. J., Reston, VA, *AFIPS Spring Joint Computer Conference*, 9-21, 1967.

Scalable server y storage architectures for video streaming. Du, D. H. C., y Y. J. Lee. *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* 1:62-67 (Junio 1999).

Meeting arbitraty QoS constraints using dynamic rate shaping of coded digital video. Eleftheriadis, A., y D. Anastassiou. *Fifth International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV`95)*, 95-106, Abril 1995.

Promoting the use of end to end congestion control in the Internet Floyd, S., y K. Fall. . *IEEE/ACM Trans. On Networking* 7(4): 458-72. (Agosto 1999).

Pronciples of delay sensitive multimedia data storage and retrieval. Gemmell, J., y S. Christodoulakis. . *ACM Trans. on Information Systems* 10 (1): 51-90 (Enero 1992).

Synchronization issues in multimedia presentational and conversational applications. *Pacific Workshop on Distributed Multimedia Systems (DMS'96)*, Junio 1996.

The evolution to network storage architectures for multimedia applications. Guha, A. *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* 1:68-73. Georganas, N. D. (Junio 1999).

Channel coding and transmission aspects for wireless multimedia. Hagenauer, J., y T. Stockhammer. *Proceedings of the IEEE*, 87(10):1764-77. (Oct. 1999).

Dynamic scheduling techniques for interactive hypermedia servers.. Hamidzadeh, B., y J. Tsun-Ping. *IEEE Trans. Consumer Electronics* 45(1):46-56 (Febrero 1999).

MPEG system streams in best ISO/IEC. ISI4496-2: Information technology –coding of audio –visual objects, part 2: visual.. Hemy, M., U. Hengartner, P. Steenkiste, y T. Gross. 1999 (MPEG-4 Video)

Designing a distributed multimedia synchronization scheduler. Jarmasz, J. P., y N. D. Georganas. *IEEE International on Multimedia Computing and Sysyems* 451-457 (Junio 1997).

Layered video multicast with retransmissions (LVMR): Evaluation of hierarchical rate control. Li, X., S. Paul, y M. H. Ammar, *IEEE INFOCOM '98*.3:1062-72. Marzo 1998.

Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard real-time environment. Liu, C. L., y J. W. Layland. *Journal of ACM* 20(1):46-61. (Enero 1973).

Proxy caching for efficient video services over the Internet, Miao, Z., y A. Ortega. . *Packet Video Workshop* Abril 1999.

Doubly-striped disk mirroring: reliable storage for video servers. Mourad, A. *Multimedia Tools y Applications* (Mayo 1996), 2:253-72.

Ramchandran. Rate distortion methods for image and video compression. Ortega, A., y K. *IEEE Signal Processing Magazine* (Noviembre 1998), 74-90.

Disk scheduling in a multimedia I/O system. Reddy, A. L., y J. Wyllie. *ACM Multimedia '93*, 289-97.

A smoothing proxy service for variable bit rate streaming video. Rexford, J., S. Sen, y A. Basso. *IEEE GLOBECOM '99*, 3:1823-29, Diciembre 1999.

Real time streaming protocol (RTSP). Schulzrinne, H., A. Rao, y R. Lanphier. IETF, RFC 2326, Abril 1998.

Real time Internet video using error resilient scalable compression y TCP friendly transport protocol. Tan, W., y A. Zakhor. *IEEE Trans. Multimedia* (Junio 1999), 1(2):172-86.

Videoconferencing on the Internet. Turlitti, T., y C. Huitema. *IEEE/ACM Trans. On Networking* (Junio 1996), 4(3):340-51.

A statistical admission control algorithm for multimedia servers. Vin, H. M., P. Goyal, y A. Goyal. *ACM Multimedia '94*, 33-40, Oct. 1994.

On end to end architecture for transporting MPEG-4 video over the Internet. Wu, D., et al. Forthcoming in *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology*.

An end to end approach for optimal mode selection in Internet video communication: Theory and application. Wu, D., et al. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* (Junio 2000), 18(6):977-95.

Resilient multicast support for continuous media applications. Xu, X. R., A. C. Myers, H. Zhang, y R. Yavatkar. *IEEE 7<sup>th</sup> Int Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV '97)*, 183-94.

QoS support mechanisms for multipeer communications. Yeadon, N., F. Garcia, D. Hutchison, y D. Shepherd. *Filters: IEEE Journal on Selected Areas in Communications* (Sept. 1996), 14(7):1245-62.

Grouped sweeping scheduling for DASD based multimedia storage management. Yu, P. S., M. S. Chen, y D. D. Kandlur. *ACM/Springer Multimedia Systems* (1993), 1(3):99-109.

Efficient selective frame discard algorithms for stored video delivery over resource constrained networks. Zhang, Z. L., S. Nelakuditi, R. Aggarwa, y R. P. Tsang. *IEEE INFOCOM '99*, 2:472-79, Marzo 1999.

#### **Páginas web.**

<http://www.cft.gob.mx/>

<http://www.nokia.com/>

<http://www.spectrum.ieee.org/>

<http://www.gsmonline.com/>

<http://www.ffnet.com/pdfs/boa-whitepaper.pdf>.