

27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO
MÚLTIPLE EN LOS SISTEMAS DE
TELECOMUNICACIONES

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N :

ALEJANDRO DAVISON RAMIREZ
GABRIEL MIGUEL COETO BARONA
IGNACIO PRADO CEJA
MIGUEL GUADIANA HERNANDEZ

Y PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A :

SAÚL DIRCIO BELLO



ASESOR DE TESIS: FIS. RAYMUNDO HUGO RANGEL GUTIERREZ

MÉXICO, D.F.

2001



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.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis especialmente a Dios, a mis Padres y a la UNAM

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Te agradezco que siempre has estado conmigo en los buenos momentos y en los malos, has sido un gran aliciente en mi vida y una fuente de sabiduría en los momentos de duda. Gracias por habitar en mi corazón.

A MIS PADRES.

Los admiro y respeto por el gran empeño que han puesto en mi formación, tanto académica como humana. Son un gran ejemplo.

Mamá estuviste conmigo apoyándome en los momentos que más te necesité gracias por tu orientación.

En especial a tí Padre, te agradezco que a pesar de mis tropiezos tú nunca dejaste de tener fe en mí, sino al contrario, en esos momentos me demostraste tu amor y apoyo, sin importarte nada sólo yo.

A LA UNAM.

En especial a la Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A todos mis profesores, por sus consejos, estímulos y conocimientos los cuales ayudaron a mi formación académica.

A MIS HERMANOS.

Rolando Enrique y Rosalina, son un gran ejemplo de unión, el cual me sirve de motivación. Y como tú dijiste Rolando, el camino es difícil pero cuando alguien se sacrifica y se lo propone logra muchas cosas que parecen inalcanzables. Te agradezco este consejo y otros que han sido de estímulos para mí.

A ROSY DIAZ ARANA.

Le agradezco a Dios por haberte puesto en mi camino, justo a la mitad de la carrera. Juntos logramos que el camino fuera más fácil, a pesar de los obstáculos salimos adelante más fortalecidos y unidos. Eres una persona muy importante en mi vida y te agradezco todos los consejos, apoyo y comprensión que me has brindado.

A MIS AMIGOS.

A todos mis amigos que he tenido desde mi infancia hasta el día de hoy, gracias porque compartimos juntos metas e ilusiones.

ALEJANDRO DAVISON RAMIREZ

DEDICATORIA

Este trabajo se los dedico a mis padres, a mi Esposa Andrea, a mi trabajo y con gran cariño a mi hija la cuál es el motor y motivación para concluir este trabajo.

A mis padres Rufina y Miguel por ser las personas más importantes en mi vida, las cuales me apoyaron para concluir la carrera profesional.

A mi Esposa Andrea, la cual es la que me apoya en cualquier situación tanto en las buenas como en las malas del camino de la vida del cuál decidimos compartir juntos.

A mi trabajo el cual es el medio de realizarme personalmente y del cuál me da de comer, vestirme, proveer sustento a mi casa.

A mi hija Michelle, por ser el motor y motivación de mi vida el cuál cada día alimenta de tanta alegría con su risa, travesuras y tantas cosas que inventa.

Por último gracias compañeros y amigos por compartir este momento tan importante en mi vida.

Sinceramente un Amigo.

Miguel Guardiania Hernández

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial quiero hacer patente mi reconocimiento y gratitud a la Facultad de Ingeniería, que con la valiosa colaboración del profesorado se ha caracterizado por formar ingenieros competentes y de un alto nivel profesional.

De igual manera agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

Agradezco al Director de Tesis: Fis. Raymundo Hugo Rangel Gutiérrez por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

Saúl Dircio Bello.

La culminación de uno de mis sueños más grandes en la vida se ha vuelto realidad.

A mis padres: Lucio y Sósima.

Gracias por formar parte del camino que me ha conducido hasta aquí, por ese amor, confianza, comprensión, apoyo y sabio consejo que me han brindado ya que nunca han conocido límites para impulsarme a conseguir todas las metas que me he propuesto en la vida.

Todo lo que he sido, lo que soy y lo que seré se los debo. Los Amo.

....y una vez más se los digo:

"Son los más maravillosos del mundo"

A mis hermanos: Adalid y Elmer.

Por ser mis compañeros y amigos más sinceros en la vida, gracias por esas palabras de aliento y su paciencia para hacer más llevaderos los momentos difíciles, realmente son un ejemplo a seguir y son motivos de mi inspiración. Por todas nuestras vivencias de estudiantes. Los Adoró.

A mi sobrinita: Dany.

Que con su chispa despierta la ternura y las expresiones de felicidad y armonía de toda la familia, por ser el angelito que ha todos nos pone de buen humor. Deseo que tu vida sea muy hermosa.

A mis amigos, compañeros y familiares.

Que con sus opiniones y consejos me alentaron a seguir adelante, aquellos con quienes he construido lo que soy, por simple gusto. Gracias por proporcionarme su amistad incondicional y hacer más valioso el sentido de mi vida.

Saúl.

*AGRADEZCO A DIOS,
A MIS PADRES,
A MIS HERMANOS Y AMIGOS
EL APOYO BRINDADO
PARA LOGRAR ESTA META.*

GABRIEL

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS

Hoy quiero darle las Gracias a esas dos personas que dedicaron toda su vida, con un sacrificio y esfuerzo constante a que yo lograra mis metas.

Esas dos personas que hicieron posible que hoy cumpla mi más grande sueño.

Quiero agradecer:

A mi Padre

Por que me enseñó el único camino que lleva a lograr todas las metas, EL TRABAJO, por permitirme ser independiente y valerme por mí mismo.

Por ser mi guía a seguir, y por ser un reto difícil de superar.

A mi Madre

Por todas y cada una de esas ocasiones en que pensó y se preocupó por mí. Por todas esas noches en que se dormía hasta que yo llegara.

Por entregarme todo su cariño y amor.

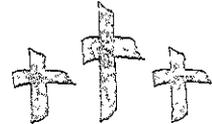
Y sobre todo por darme la vida y darme la dicha de conocerlos.

Por esta y otras razones hoy y siempre quiero darles las Gracias a mis viejos, a los que le deberé por siempre todo lo que soy.

Gracias por darme la más grande herencia que pudieron haberme dejado MI EDUCACIÓN.

Para quien merece todo el cariño, mi respeto y reconocimiento.

JESUS Y ROSA LINA



A la memoria y recuerdo que me acompañara toda la vida

IGNACIO PRADO CEJA

A MIS HERMANOS

Por que sin ellos hubiera sido más difícil alcanzar mis objetivos, por su apoyo y por que de una forma u otra han estado presente en mi formación.

Y que mantengamos siempre esa unión que nos ha permitido superar todos los momentos difíciles.

A todos y cada uno de ellos Gracias.

A KARINA

Por aparecer en mi vida dándole otro sentido, devolviéndome la fe en los sueños. Gracias por permitirme ser parte de tu vida, quiero agradecerle a Dios por darme la dicha de haberte conocido, eres una persona muy especial, Gracias PEQUEÑA por ser como eres.

TE AMO

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por darme la oportunidad de ser un profesional.

A MIS AMIGOS

A todos aquellos con los cuales recorrí el difícil camino de la Facultad, con los que compartí metas e ilusiones, con los que compartí buenos y malos momentos, a los que de alguna manera me ayudaron a lograr esta meta.

Y a todos aquellos que a lo largo de mi vida he conocido.

INDICE.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

PÁGINA

1.0	INTRODUCCION. -----	1-1
1.1	MODULACIÓN. -----	1-2
1.2	CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL. -----	1-6
1.3	CODIFICACIÓN DE LÍNEA. -----	1-10
1.4	TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL. -----	1-12
1.5	TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE. -----	1-13

CAPITULO 2. FDMA

2.0	INTRODUCCIÓN. -----	2-1
2.1	ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA. -----	2-2
2.2	CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL FDMA. -----	2-7
2.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FDMA. -- -----	2-10
2.4	ARQUITECTURAS UTILIZADAS EN FDMA. -----	2-10
2.5	APLICACIÓN DE FDMA EN TELEFONÍA CELULAR. -----	2-12
2.6	BANDA DE FRECUENCIA Y CANALES FÍSICOS. -----	2-13
2.7	CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN. -----	2-14
2.8	ARQUITECTURA. -----	2-15
2.9	CANALES LÓGICOS. -----	2-17
2.10	MODOS DE OPERACIÓN DE UNA TERMINAL CELULAR. -----	2-18
2.11	LLAMADA DE UN MÓVIL. -----	2-19
2.12	LLAMADA A UN MÓVIL. -----	2-20
2.13	CAPACIDAD DE UN SISTEMA CELULAR. -----	2-21

CAPITULO 3. TDMA

3.0	INTRODUCCIÓN. -----	3-1
3.1	TDMA APLICADO A SATELITE. -----	3-2
3.2	TRAMA DE MULTICANALIZACIÓN PRIMARIA DEL CEPT. -----	3-6
3.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS. -----	3-8
3.4	TDMA APLICADO A TELEFONÍA. -----	3-11
3.5	METODO DE ACCESO TDMA. -----	3-13
3.6	SINCRONÍA TDMA. -----	3-17
3.7	VENTAJAS TDMA. -----	3-20
3.8	DESVENTAJAS TDMA. -----	3-21

CAPITULO 4. CDMA

4.0	INTRODUCCIÓN. -----	4-1
4.1	SPREAD SPECTRUM (SS). -----	4-2
4.2	CONCEPTOS GENERALES RELACIONADOS CON SS. -----	4-3
4.3	VENTAJAS DEL CDMA. -----	4-5
4.4	TÉCNICAS DE MODULACIÓN SS. -----	4-7
4.5	CÓDIGOS EN CDMA. -----	4-12
4.6	ENMASCARAMIENTO. -----	4-16
4.7	DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO EN TELEFONÍA CDMA. -----	4-17
4.8	DISTRIBUCIÓN DE CELULARES CDMA. -----	4-18
4.9	CANALES CDMA EN LA BANDA CELULAR. -----	4-22
4.10	CANALES CDMA EN LA BANDA PCS. -----	4-22
4.11	ESTÁNDARES QUE DEFINEN LA TELEFONÍA CELULAR CDMA. -----	4-22
4.12	ESTRUCTURA Y GENERACIÓN DE UN CANAL CDMA. -----	4-23
4.13	CANALES DE ENLACE FORWARD. -----	4-23
4.14	CANAL PILOTO. -----	4-25
4.15	CANAL DE SINCRONÍA. -----	4-26
4.16	CANAL PAGING. -----	4-27
4.17	CANAL DE TRÁFICO FORWARD. -----	4-28
4.18	CANAL DE ENLACE REVERSE. -----	4-29
4.19	GENERACIÓN DE CANALES DE TRÁFICO REVERSE. -----	4-30
4.20	GENERACIÓN DE UN CÓDIGO DE ACCESO. -----	4-31
4.21	SINCRONIA DE TIEMPO. -----	4-33
4.22	ATRIBUTOS Y TÉCNICAS CDMA. -----	4-34
4.23	PROCESO Y REGISTRO DE UNA LLAMADA. -----	4-38

CAPÍTULO 5. APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE EN LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.

5.0	INTRODUCCIÓN. -----	5-2
5.1	CONSIDERACIONES DE INGENIERÍA PARA LOS SISTEMAS DE ACCESO MÚLTIPLE EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES. -----	5-5
5.2	CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO EN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES. -----	5-8
5.3	APLICACIONES REALES DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES. -----	5-11

5.3.1	RED DE COMUNICACIONES PARA TRANSMISIÓN DE EVENTOS DE GALGÓDROMOS, HIPÓDROMOS Y EVENTOS DEPORTIVOS. -----	5-12
5.3.2	SISTEMA DE COMUNICACIONES DE UNA RED BANCARIA. -----	5-20

CONCLUSIONES.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFÍA.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCIÓN.

Debido al avance tecnológico que paulatinamente han tenido los medios de transmisión, ha sido evidente la cada vez mayor dificultad de fabricarlos para anchos de banda mayores, es por eso que son incosteables sobre todo en longitudes de miles de kilómetros. Esta es una razón por lo cual se han abocado en transmisión de ondas electromagnéticas, radiadas al espacio con o sin obstáculos en la(s) trayectoria(s) entre puntos de emisión y recepción.

Es importante recalcar que el medio inalámbrico de transmisión no es perfecto. La propagación de las ondas esta sujeta en mayor o menor grado a reflexiones y variaciones de índices de refracción entre las capas de la tierra, así como irregularidades del terreno, además se le suman los efectos que causan la actividad solar en las condiciones meteorológicas, presentándose desvanecimientos o inestabilidades en la propagación de la energía, estos efectos se deben en gran medida a las atenuaciones por la lluvia, nubes de polvo, etc.

Uno de los principales problemas que se tiene con respecto al espectro electromagnético es su saturación en él y a sus consecuencias como la deficiencia del servicio, la mala calidad en transmisión de voz y datos, etc.

En las grandes ciudades esto es una limitante para proporcionar servicios inalámbricos de comunicación eficientes. Este es el motivo por el cual se ha dado la necesidad de evolución de las tecnologías nuevas que se crean por científicos y empresas con una tendencia cada día más futurista sobre los problemas de eficiencia del espectro.

El espectro electromagnético esta dividido en bandas de frecuencias de radio enlaces conforme a las normas de los órganos reguladores de las comunicaciones mundiales, tales como la UIT.

Existen diversas bandas de frecuencias, como lo muestra la Tabla 1.1.

3	a	30 KHz	Banda de frecuencias muy bajas (VLF, Very Low Frequency).
30	a	300 KHz	Banda de frecuencias bajas (LF, Low Frequency)
300	a	3000 KHz	Banda de frecuencias medias (MF, Mean Frequency).
3	a	30 MHz	Banda de frecuencias altas (HF, High Frequency).
30	a	300 MHz	Banda de frecuencias muy altas (VHF, Very High Frequency).
300	a	3000 MHz	Banda de frecuencias ultra altas (UHF, Ultra High Frequency).
3	a	30 GHz	Banda de frecuencias superaltas (SHF, Super High Frequency).
30	a	300 GHz	Banda de frecuencias extra altas (EHF, Extra High Frequency).

Tabla 1.1 Bandas de frecuencias del espectro electromagnético.

En los sistemas de comunicaciones por satélite y telefonía se utilizan portadoras múltiples, para las cuales es necesario establecer el formato de acceso múltiple para el sistema.

Este formato permite una separación bien definida entre las transmisiones de enlaces de subida y de bajada desde una multitud de distintas estaciones terrenas, así como de una red celular.

Cada formato tiene sus propias características, ventajas y desventajas específicas.

Los tres esquemas para acceso múltiple más comúnmente utilizados son:

- FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)
- TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)
- CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)

Con FDMA, a las transmisiones de cada usuario o equipo se les asignan bandas de frecuencias específicas dentro de un ancho de banda determinado. Por consiguiente, las transmisiones provenientes de distintos usuarios están separadas en el dominio de las frecuencias.

Con TDMA, cada usuario transmite pequeñas ráfagas de información durante una ranura de tiempo específico dentro de una trama de TDMA.

En consecuencia, las transmisiones provenientes de distintos usuarios están separadas en el dominio del tiempo.

Con CDMA, todos los usuarios transmiten dentro de la misma banda de frecuencias y, por razones prácticas, no tienen limitación de cuando pueden transmitir o en qué frecuencias de la portadora. La separación de la señal se realiza por medio de técnicas de codificación y decodificación.

Aunque por diversos sistemas se pueden establecer comunicaciones tanto de señales analógicas, estas últimas se pueden someter a una mayor diversidad de cambios que hacen más eficiente su transmisión y permiten un menor deterioro de la información original que contienen, por lo que cada vez es más frecuente la conversión de información originalmente analógica a digital. Dicha conversión en cada aplicación y red depende de factores principalmente económicos.

En este capítulo nos limitaremos a describir en forma general y concisa algunas de las conversiones y de los diversos tratamientos de las señales que son más usuales en los sistemas de comunicación satelital y en los sistemas de comunicación celular.

Debido a que algunos procesos combinan en forma inseparable más de una conversión, es difícil la descripción individual de algunas de ellas sin hacer referencia a otra, por lo que en algunos casos se incluyen referencias o la descripción resumida de una conversión.

La información que se desea transmitir debe estar contenida en las señales analógicas o digitales que constituyen la banda base, siendo necesario someterlas a diversos tratamientos y conversiones.

Entre las conversiones o tratamientos más comunes se encuentran:

- Modulación
- Conversión analógico-digital
- Codificación-Decodificación
- Codificación de línea
- Compresión digital
- Multiplexación

MODULACIÓN.

Es el proceso mediante el cual se varía alguna de las características de una señal (frecuencia, amplitud o fase) de acuerdo a la información contenida.

La razón principal de la modulación es cambiar la banda de frecuencias que ocupa una señal a una banda más apropiada para la transmisión, de tal manera que facilite la comunicación.

TIPOS DE MODULACIÓN.

Existen diferentes tipos de modulación dependiendo si la información es analógica o digital, por lo tanto la clasificación de la modulación se da en analógica y digital, la Fig. 1.1 muestra los tipos de modulación.

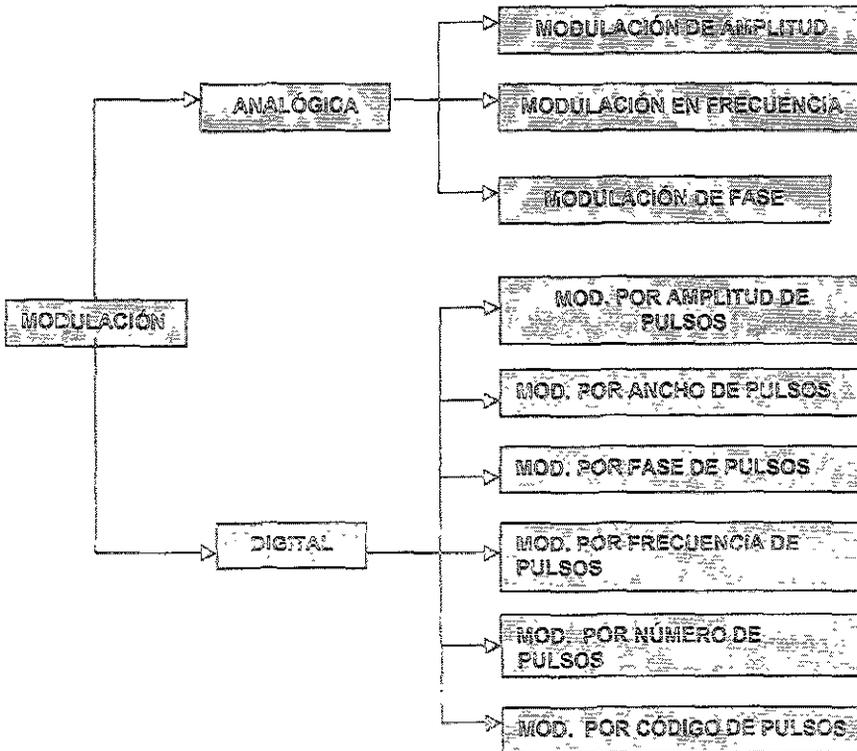


Fig. 1.1 Tipos de Modulación Analógica y Digital.

MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM).

En este sistema de modulación se cambia la amplitud de la portadora en función del voltaje de la señal a ser transmitida. La Fig. 1.2 muestra la forma de una señal moduíada en AM.

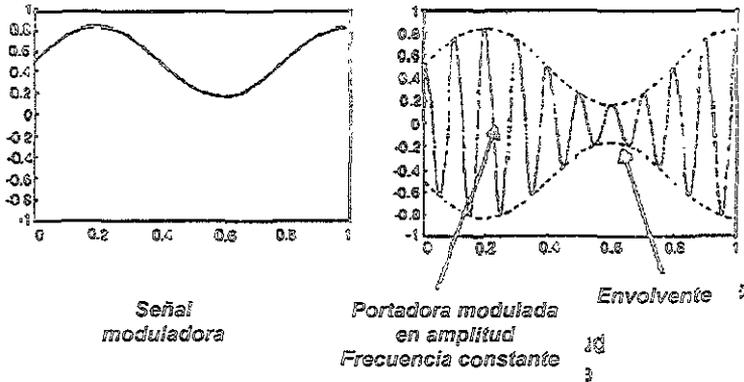
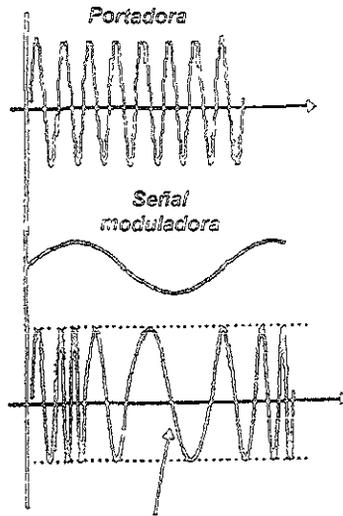


Fig. 1.2 Modulación Am.

MODULACIÓN EN FRECUENCIA (FM).

En este sistema de modulación se cambia la frecuencia de la portadora en función del voltaje de la señal a ser transmitida.

La onda modulada contiene porciones densas y de mayor espaciamiento, debido a los cambios instantáneos en la frecuencia instantánea. La Fig. 1.3 nos muestra una señal modulada en FM.



*Portadora modulada en frecuencia
Una mayor amplitud de la moduladora genera mayor frecuencia: la amplitud es constante*

Fig. 1.3. Modulación FM.

MODULACIÓN DE FASE (PM).

Este sistema es muy similar al de FM, la modulación de fase se desarrolla pasando la señal modulada por un circuito de diferenciación y se obtiene el mismo resultado que la modulación en frecuencia.

MODULACIÓN POR AMPLITUD DE PULSOS (PAM).

Es el proceso en donde una señal analógica es representada por una serie de muestras, las cuáles son discretas en el tiempo. Las amplitudes de las muestras son continuas y varían de acuerdo con los voltajes instantáneos de la señal analógica.

MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM).

En esta técnica de modulación se representa una señal analógica con una serie de púlsos, los cuáles son discretos en frecuencia y amplitud pero varían en la anchura de acuerdo a la amplitud instantánea de la señal analógica.

MODULACIÓN POR FASE DE PULSOS (PPM).

Es el proceso en donde una señal analógica es representada por una serie de pulsos, los cuáles son discretos en amplitud y anchura, pero cuya posición en el tiempo varía en proporción al voltaje instantáneo de la señal analógica de entrada.

MODULACIÓN POR FRECUENCIA DE PULSOS (PFM).

Es el proceso en el cuál los valores instantáneos de voltaje de la señal analógica, se convierten en valores instantáneos de frecuencia con la ayuda de un convertidor V-F. En este caso los intervalos de los pulsos varían de acuerdo a las amplitudes de la señal original.

Los sistemas que utilizan este tipo de modulación son más resistentes al ruido, en comparación con los sistemas analógicos anteriores, debido a que la señal original se convierte en una señal FM antes de ser convertida en pulsos.

MODULACIÓN POR NÚMERO DE PULSOS (PNM).

Es el proceso en el cuál se lleva a cabo la conversión de la señal analógica primeramente en un tren de pulsos PWM, y posteriormente se hace pasar por una compuerta AND, la cuál está controlada por un reloj. El resultado es que dependiendo de si el reloj está en un nivel alto (ON), a la salida se van a generar un número de pulsos que van acorde al ancho de la señal PWM.

MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS (PCM).

Es el proceso en donde una señal analógica se representa por una serie de palabras digitales codificadas. Cada palabra codificada en la serie representa cierto voltaje instantáneo de la señal continua.

La Fig. 1.4 establece un comparativo entre los diferentes tipos de modulación digital.

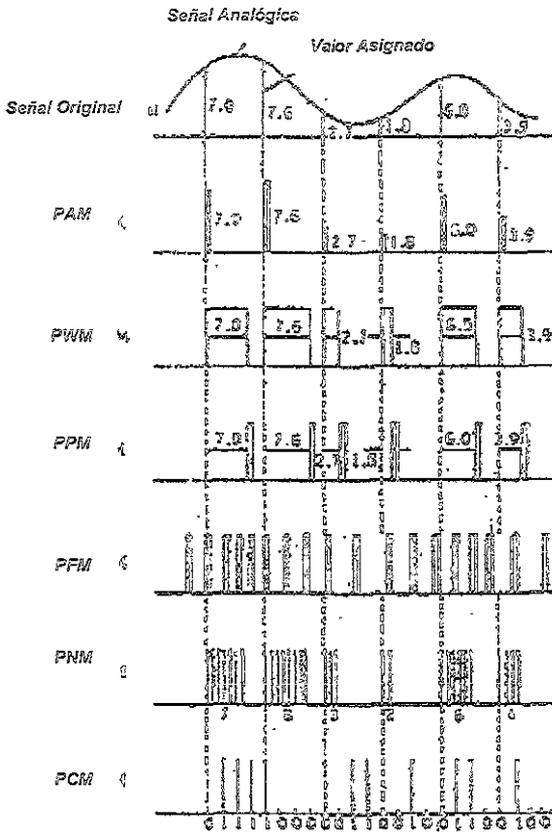


Fig. 1.4 Comparación de sistemas de modulación de pulsos digitales.

1.2 CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL.

Una de las técnicas de conversión analógica-digital de señales más utilizadas en la actualidad en el campo de las comunicaciones es la técnica PCM (*Pulse Code Modulation* – Modulación por Codificación de Pulsos), por ser una herramienta efectiva y sencilla, de fácil procesamiento y que se ha convertido en un estándar para la conversión analógica/digital en el ramo de las telecomunicaciones.

La modulación por codificación de pulsos está conformada principalmente por las siguientes etapas:

1. Muestreo
2. Cuantización
3. Codificación

1. MUESTREO

Consiste en tomar las "muestras" o lecturas suficientes de la señal original (información).

El proceso se basa en el Teorema de Muestreo para determinar la velocidad con que será muestreada la información, dicho Teorema establece: Toda la información de la señal original estará representada totalmente por muestras tomadas a intervalos regulares de tiempo cuando tenga un ancho de banda limitado, es decir, que no tenga ninguna componente de frecuencia arriba de un valor dado f_{\max} y cuando la frecuencia de muestreo (f_s) es mayor que el doble de la frecuencia más alta de la señal original, es decir:

$$f_s > 2f_{\max}$$

El resultado de la etapa de muestreo es una señal PAM (*Pulse Amplitude Modulation* – Modulación por Amplitud de Pulso), en donde cada pulso corresponde directamente a la amplitud de la señal original.

La Fig. 1.5 se ilustra un ejemplo de muestreo aplicado a una señal de voz, observando claramente que el inciso b) es un conjunto de puntos con un valor específico en dB y que establecen una aproximación de la señal original. Es obvio que mientras mayor sea el número de puntos o muestras mejor será la aproximación de la señal original.

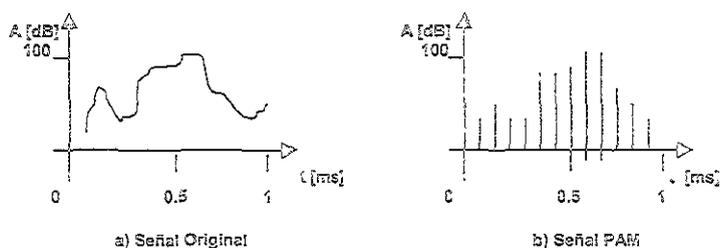


Fig. 1.5 Muestreo

Un ejemplo claro se tiene en telefonía, en donde se trabaja con un ancho de banda de 300 a 3400 Hz. Por lo tanto una frecuencia de muestreo apropiada son 8000 muestras/seg, ya que cumple con los requerimientos condicionales

para que no se pierda la información, es decir ($3.4 \times 2 = 6.8$ KHz, el cual es inferior a los 8 KHz).

2. CUANTIZACIÓN

La transmisión digital involucra la transferencia de valores numéricos. Por lo que se debe medir el "peso" de los pulsos en la señal PAM y dar a cada pulso un valor numérico.

Para no obtener un número infinito de valores numéricos, los niveles de amplitud se dividen en intervalos. Todas las muestras que caen dentro de un determinado intervalo se les da el mismo valor, esto se le conoce como Cuantización de la señal, la cual implica un compromiso con la exactitud. La serie de números ya no representa realmente la señal original. La desviación se conoce como *distorsión de cuantización*.

Los intervalos de cuantización serán lo suficientemente pequeños, de manera que aún las variaciones de amplitud más pequeñas puedan ser transmitidas adecuadamente. Sin embargo, al mismo tiempo obtendríamos intervalos innecesariamente pequeños para las amplitudes mayores, además de un número grande de valores a transmitir. El ideal sería un esquema que incremente el intervalo de cuantización conforme aumenta la amplitud. La relación amplitud / distorsión debería mantenerse constante. Además, tenemos que encontrar el balance correcto entre el número de intervalos de cuantización y la calidad de transmisión deseada. La Fig. 1.6 muestra los niveles que cuantizan a las muestras.

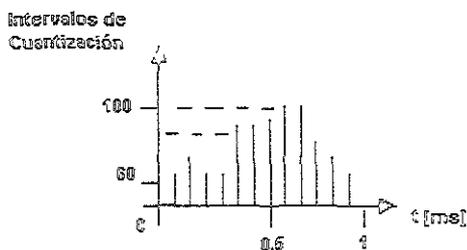


Fig. 1.6 Muestras con sus correspondientes niveles cuantizados.

Existen dos modelos para resolver el problema mencionado. Entre varias elecciones, la CCITT ha aceptado dos leyes de compresión: la ley A, utilizada en Europa y rutas internacionales, y la ley μ , utilizada en los Estados Unidos y Japón. El parámetro de compresión (A ó μ) determina el grado de compresión de la señal. Para obtener una relación señal a ruido casi constante a través de un rango dinámico de potencia de la señal de entrada, μ deberá tener valores de 100 ó 225, mientras que A tendrá un valor de 87.6, dichos valores son estándares aceptados mundialmente.

Las señales comprimidas son restauradas en el receptor mediante el uso de un expansor con características complementarias al compresor. El compresor y el expansor forman juntos el llamado compansor. En PCM no se comprime la señal de mensaje sino sus muestras.

3. CODIFICACIÓN

Lo que procede es dar valor a nuestros valores en forma apropiada para transmitirlos.

Esto se realiza con pulsos binarios, es decir, con pulsos con sólo dos niveles de voltaje. Ocho de tales pulsos son suficientes para formar un código único para cada valor de los intervalos ($2^8 = 256$). El equipo sólo necesita diferenciar entre pulsos de un nivel u otro.

La codificación de señales binarias es usada para modificar los datos digitales y mejoran el desempeño de la comunicación. A continuación se presenta una lista de criterios de evaluación de señales digitales:

COMPONENTE DE C.D.

Una señal con componente de corriente directa es una mala señal, dado que provoca que la capacitancia de la línea de transmisión se esté cargando cada vez que se envíe un mensaje y siempre tendremos unos a la salida de la misma.

INMUNIDAD A LA INVERSIÓN.

Esto se explica cuando el código se invierte sin afectarse la información.

DETECCIÓN DE ERRORES.

Si un código detecta errores en el mensaje se considera un buen código, si no lo hace se considera un mal código.

PROPAGACIÓN DE ERRORES.

Basta con un error en un bit para que los bits subsecuentes se propaguen mal, es decir, si se apoya en un bit para identificar el siguiente bit existe propagación. Si cada bit se identifica por sí mismo, el cual no depende de los otros bits, se considera un buen código.

CONTENIDO DE RELOJ.

Debe haber una sincronía de reloj de transmisión y el reloj de recepción. Una señal con muchos cambios de nivel es buena, por que permite la sincronía y la

recuperación de la señal de reloj es fácil de realizar; si no tiene estos cambios de nivel se considera que no es buena señal.

ANCHO DE BANDA.

La mejor señal es la que tiene el mejor ancho de banda.

Es conveniente dar una breve explicación de los códigos más utilizados, así como su representación gráfica.

1.3 CODIFICACIÓN DE LÍNEA.

Codificación de línea es la técnica de señalización para sistemas transmisión de información digital directa en forma de pulsos por una línea (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica), y dado que los componentes usados caen en muy bajas frecuencias en el espectro eléctrico, se les denomina de baja frecuencia o paso_bajas, o bien, mas comúnmente sistemas de transmisiones en banda base.

Existen varias técnicas utilizadas para transmisión de información digital de modo que exista una adecuada sincronización entre transmisor y el receptor, en función del ancho de banda de la línea de transmisión, niveles de ruido e interferencia, tiempos de recuperación de sincronización, monitoreo de rendimiento y costo de implementación, tales como:

- NRZ (No retorno a cero)
- RZ (Retorno a cero)
- RZ Bipolar (también conocido como AMI)
- MANCHESTER
- MILLER
- MULTINIVEL

o NRZ (No return to Zero – No retorno a cero)

Es la técnica de codificación más común en computadoras o terminales, pero no se adapta tan bien a los canales de comunicación. Un 1 se representa con un nivel alto de voltaje, mientras que un 0 se representa con un nivel bajo. La designación "no retorno a cero" refleja el hecho de que el pulso no pasa por cero durante un intervalo de bit.

o RZ UNIPOLAR (Return to Zero – Retorno a Cero)

Cada bit se divide en dos partes, la primera corresponde a la información y la segunda siempre es un 0. Es la única técnica que produce señales con un valor de DC diferente de cero.

- **NRZ BIFOLAR** (También conocido como AMI; Alternate Mark Inversión – Inversión Alternada de Marca)

Los bits se dividen en dos partes, sólo que ahora los 1's se alternan en niveles positivos y negativos de voltaje. La segunda parte del bit siempre es 0. La alternancia de los bits en la señal elimina la componente de DC.

- **MANCHESTER** (También conocido como Bifásico)

El bit se divide en dos partes. Para codificar un 1 pasamos de un nivel bajo a un nivel alto en la mitad del bit. Para codificar un 0 pasamos de un nivel alto a un nivel bajo. Cabe señalar que este código no tiene componente de DC, no propaga errores, no tiene señal de reloj y no es inmune a la inversión. A pesar de todo esto, es el código más utilizado en Redes de Área Local (LAN; Local Area Network).

- **MILLER** (Ocasionalmente llamado Delay – Retraso)

Para codificar un 1 hay un cambio de nivel a la mitad del período. Para codificar un 0 hay cambio de nivel al final si el próximo bit es un 0, y no cambia de nivel si el próximo bit es un 1.

- **MULTINIVEL**

Existen códigos para 4, 8, y hasta 2^n niveles. La ventaja más grande que presenta este tipo de códigos es que reducen su ancho de banda a la mitad, un cuarto, etc., respecto al ancho de banda de una señal NRZ. La principal desventaja es que no resulta fácil reconocer la señal con todo el ruido que se introduce en la misma.

Para el caso de una señal de 4 niveles, la codificamos como indica la Tabla 1.2.

A	B	Salida 4 niveles
0	0	-3 V
0	1	-1 V
1	0	+1 V
1	1	+3 V

Tabla 1.2 Código Multinivel para una señal de 4 niveles.

La Fig. 1.7 muestra los gráficos correspondientes a cada uno de los códigos mencionados.

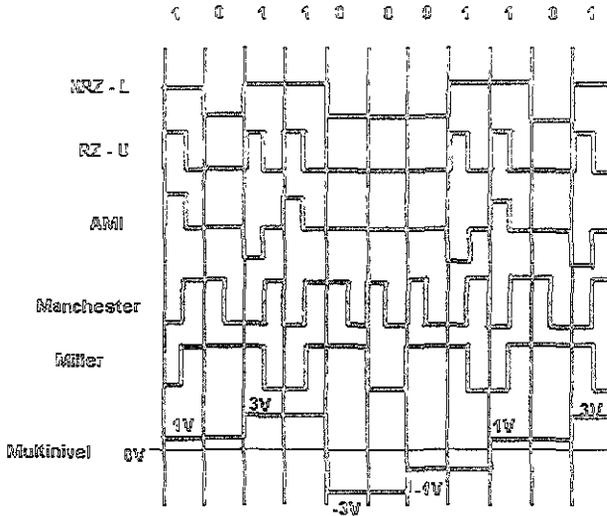


Fig. 1.7 Formatos de los códigos más usuales.

1.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL.

Hay tres configuraciones básicas de modulación para transformar datos digitales en señales analógicas:

- Amplitud Shift Keying (ASK)
- Frequency Shift Keying (FSK)
- Phase Shift Keying (PSK)

En todos los casos la señal resultante ocupa un ancho de banda centrado sobre la frecuencia de la portadora.

- En ASK, los dos valores binarios son representados por dos diferentes amplitudes de la frecuencia portadora. Comúnmente, una de las amplitudes es cero, es decir, un dígito binario es representado por la presencia o ausencia de portadora o amplitud constante. ASK es susceptible a los cambios súbitos de ganancia, esto lo convierte en una técnica de modulación ineficiente, a menos que se emplee en fibra óptica.

- En FSK, los dos valores binarios son representados por dos diferentes frecuencias cercanas a la frecuencia de la portadora. FSK es menos susceptible a errores que ASK.
En líneas de voz, es usado a velocidades superiores a 1200 bps. Se usa también comúnmente en transmisión de radio a alta frecuencia (3 a 30 Mhz) y en redes LAN que utilizan cable coaxial.
- En PSK, la fase de la señal portadora es cambiada para representar los datos. En este sistema, un 0 es representado por el envío de un pico de señal de la misma fase que la señal previamente analizada. Un 1 es representado por el envío de un pico de señal de fase opuesta a la señal precedente.

Se puede lograr un uso más eficiente del ancho de banda si cada elemento de la señal se representa con más de un bit. Por ejemplo, en lugar de un cambio de fase de 180° , como en PSK, una técnica de modulación empleada, conocida como QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) usa cambios de fase múltiples de 90° .

La Fig. 1.8 nos muestra las técnicas de modulación digital que transforman los datos digitales en señales analógicas.

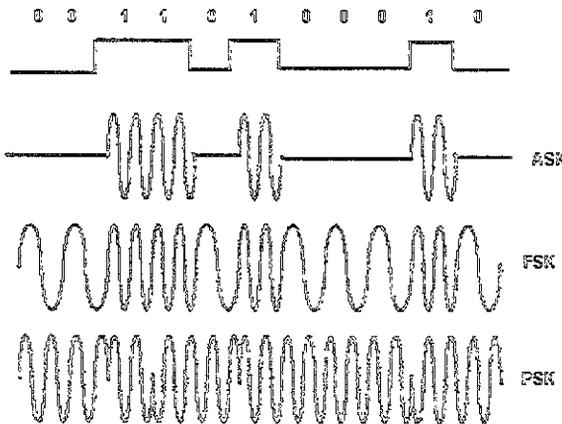


Fig. 1.8 Formatos principales de la Modulación Digital.

1.5 TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE.

Muchos medios de comunicación tienen más capacidad disponible de la que necesitan para sus conversaciones, esto es posible debido a que comparten el medio de transmisión entre diferentes usuarios, reduciendo costos por usuario, eliminando equipo extra, etc.

El termino Multiplexor (algunas veces denominado como Multicanalizador) se aplica a dispositivos inteligentes que principalmente consisten en un procesador con memorias, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones. La función principal es proveer un medio para compartir una línea de comunicaciones entre diversas estaciones de trabajo y/o unidades de procesamiento, y tiene la finalidad principal de la reducción de los costos de operación de los medios de comunicación y por otra parte optimizar equipo de comunicaciones por ejemplo:

- o Puertos del procesador central
- o Módems
- o Adaptadores
- o Líneas telefónicas (Conmutadas y Privadas)
- o Tiempo de Procesamiento

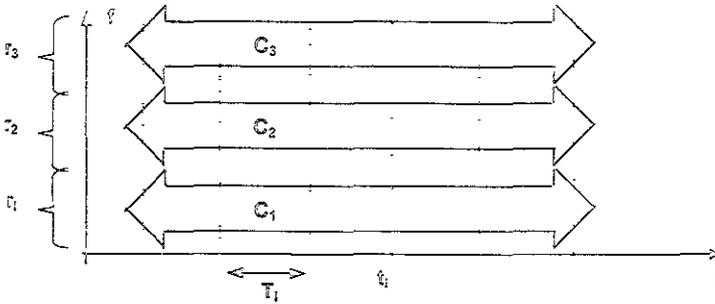
Las principales técnicas de Multiplexación son las siguientes:

- o FDM
(*Frequency Division Multiplexing* – Multiplexaje por División de Frecuencia)
- o TDM
(*Time Division Multiplexing* – Multiplexaje por División de Tiempo)

FDM.

En la técnica FDM, se divide el ancho de banda en rangos de frecuencias. A cada canal se asigna un rango r_i de amplitud suficiente como para permitir la transmisión de lo que se desee enviar.

Dado que todos los medios físicos de transmisión admiten un gran ancho de banda, en medios económicos se tiene grandes limitaciones en el número de canales. En un instante dado t_i se tiene todos los canales transmitiendo simultáneamente. Esa simultaneidad significa economía en los tiempos finales del sistema. Y esa es la principal ventaja de esta técnica como lo ilustra la Fig. 1.9.



T= tiempo de transmisión de un elemento (bit,byte,bloque)

Fig. 1.9 Multiplexaje por División de Frecuencia.

TDM.

El tiempo se divide en períodos fijos, cada uno de los cuales se asigna a un canal. Si esta asignación es según una ronda (lista circular) uniforme, es llamado TDM IGUALITARIO. La Fig. 1.10 muestra este tipo de multiplexaje.

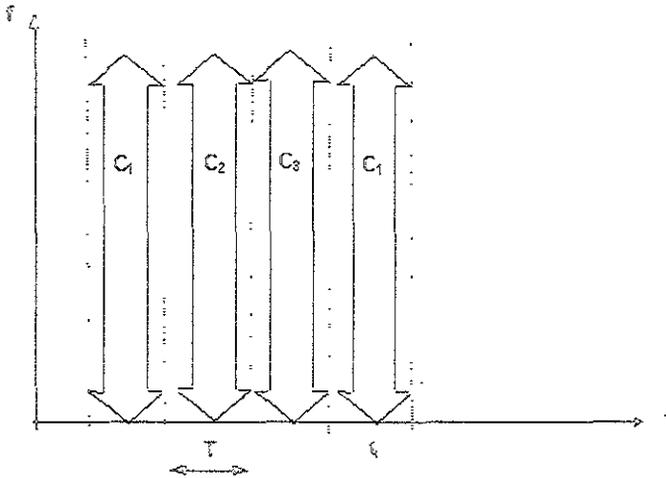


Fig. 1.10 Multiplexaje por División de Tiempo.

En un instante t_1 cualquiera, uno solo de los canales se encuentra transmitiendo y éste utiliza todo el ancho de banda del medio utilizado.

- o Como desventaja tiene la falta de simultaneidad.
- o Como beneficio importante, el permitir un "infinito" número de canales, sacrificando el tiempo total del sistema.

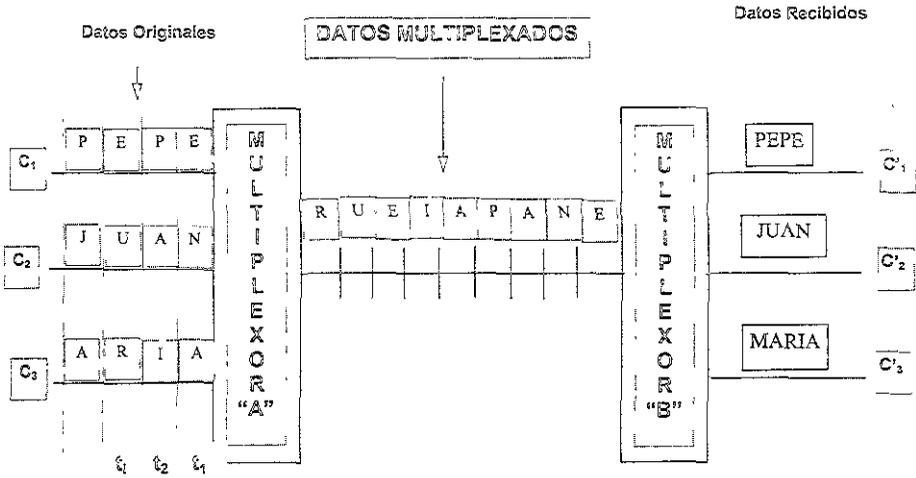


Fig. 1.11 TDM Igualitario

COMPONENTES FÍSICOS DE UN MULTIPLEXOR.

Una de las formas de multiplexación implica la utilización de un adaptador o interfaz por cada línea de salida (o por cada n), que contenga un buffer de un carácter (transmisión asíncrona) cada uno. El dispositivo barre los adaptadores permitiendo operaciones de E/S, para cada adaptador o interfaz que requiere servicios.

El multiplexor transmite y causa una interrupción en el procesador cuando el mensaje completo ha sido transferido.

CAPITULO 2

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA
FDMA

2.0 INTRODUCCIÓN.

La comunicación vía satélite es conveniente para comunicaciones de gran capacidad entre dos puntos y que a su vez tenga la característica de acceso múltiple.

El acceso múltiple es la disponibilidad que se da a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras respectivas al mismo transpondedor del satélite, buscando un equilibrio entre el ancho de banda y la potencia disponible del transpondedor. El acceso al satélite se clasifica por:

1. Por la asignación, ya sea casi permanente o temporal:
 - a) Acceso Múltiple con Preasignación. Este puede ser rentable en rutas semejantes de alto tráfico
 - b) Acceso Múltiple por Demanda. Es útil en rutas con múltiples puntos y bajo tráfico en los que conviene desde el punto de vista económico.
2. En función de que la asignación esté en el dominio de la frecuencia o en el tiempo:
 - a) Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).
 - b) Acceso Múltiple por Distribución de Tiempo.

Entre los diversos sistemas de acceso múltiple al satélite aplicados actualmente existen tres tipos fundamentales que son:

1. Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access).
2. Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access)
3. Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, Code División Multiple Access).

Todas las aplicaciones de los satélites de comunicaciones involucran sistemas que hacen posible a múltiples estaciones terrenas interconectar sus enlaces a través de un solo transpondedor. Un transpondedor puede ser accesado por una o varias portadoras.

Los sistemas FDMA (Frequency División Múltiple Access), segmentan el ancho de banda de un transpondedor para la transmisión de portadoras múltiples.

El ancho de banda asociado con cada portadora puede ser tan pequeño como el destinado a canal de 9.6 kbps. FDMA puede ser utilizado para transmisiones con modulación analógica o con modulación digital.

Encuanto a telefonía celular, para que un usuario accese al canal de radio de un sistema de radio requiere que esté disponible dicho canal.

Si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a ese sistema se le llama sistema de radio troncalizado.

La troncalización es el proceso por el cual los usuarios comparten un determinado número de canales de forma ordenada.

Los canales compartidos funcionan debido a que podemos estar seguros que la probabilidad de que todo el mundo requiera un canal al mismo tiempo es muy baja.

Un sistema de telefonía celular troncalizado, es aquel en el que hay menos canales que abonados que posiblemente quieran usar el sistema al mismo tiempo.

El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo o codificación.

En FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso troncalizado.

Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia.

Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema.

Los sistemas FDMA muy grandes tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

2.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.

El acceso FDMA es el más simple y consiste en la transmisión simultánea de un número diverso de portadoras a diferentes frecuencias con anchos de banda no traslapados. A cada señal se le asigna una frecuencia y los productos de intermodulación del amplificador de transmisión, ocasionados por la presencia simultánea de un número diverso de portadoras, son minimizados ya sea, por una adecuada selección de la frecuencia de los canales, o bien por la reducción de los niveles de potencia de entrada para permitir una operación casi lineal.

En el caso de la transmisión de varias portadoras en un mismo transpondedor, se deben utilizar bandas de guarda entre los canales adyacentes para minimizar la interferencia, disminuyendo la eficiencia de utilización del ancho de banda del transpondedor.

Las diferentes bandas de RF de que se disponen tienen el ancho de banda de 500 MHz. Por tal motivo los satélites están diseñados para cubrir un segmento del ancho de banda de 500 MHz. En los satélites, el método que se usa para segmentar los 500 MHz es utilizar 12 transpondedores, donde cada uno de los transpondedores tendrá un ancho de banda de 36 MHz.

Lo anterior no indica que sean fijos los 36 MHz de ancho de banda, se dan casos donde hay satélites que dependiendo de su función requieren mayor ancho de banda, como es el caso del satélite INTELSAT V, que segmenta los 500 MHz mediante transpondedores. cuyo ancho de banda es hasta 77 MHz, entre los 4 a 6 GHz y entre los 11 a 14 GHz y tienen un transpondedor con un ancho de banda de 241 MHz.

En operación FDMA, a cada estación terrena se le asigna un segmento o la porción de un segmento. Con un transpondedor nominal de 36 MHz pueden tener acceso 14 estaciones terrenas en formato FDMA, cada uno con 24 canales de voz.

Cuando se usan grupos grandes de canales son menos las estaciones terrenas que pueden ingresar al mismo transpondedor.

A continuación se presenta el siguiente ejemplo del funcionamiento de FDMA. La translación de frecuencias en el satélite se hace mediante un oscilador local de 2225 MHz y en el mezclador se usa el modo diferencial. Si el segmento del transpondedor es de 36 MHz, entonces:

Frecuencia de recepción en el satélite (MHz)	Frecuencia del mezclador (MHz)	Frecuencia de transmisión en el satélite (MHz)
6262	2225	4037
6298	2225	4073

Tabla 2.1 Relación de Frecuencias de Transmisión y Recepción en un Satélite.

Ejemplificando con las tablas anteriores: En el segmento se asignan tres portadoras de RF desde tres lugares que se ven simultáneamente desde un satélite en el Atlántico. Cada portadora se modula en frecuencia. A España (Buitrago) se le asigna el subsegmento de transpondedor de 6262 a 6272 MHz, a Etam, Virginia del Oeste (EE.UU.) el de 6272 a 6282 MHz, y a Longoville, Chile, de 6282 a 6292 MHz. Estas son las frecuencias del enlace hacia arriba. Cuando se convierten en el satélite quedan como sigue:

Enlace hacia arriba (MHz)	Enlace hacia abajo (MHz)
Buitrago 6262 - 6272 MHz	4037 - 4047 MHz
Etam 6272 - 6282 MHz	4047 - 4057 MHz
Longoville 6282 - 6292 MHz	4057 - 4067 MHz

Tabla 2.2 Relación de Frecuencias de Transmisión y Recepción en un Satélite.

En FDMA la capacidad de ancho de banda de un transpondedor se divide en los siguientes tipos de bandas:

- Se puede tener pocas bandas de gran capacidad donde cada banda puede manejar multiplexaje por división de frecuencia con modulación (FDM/FM), o del multiplexaje por división de tiempo con modulación digital (TDM/PSK).
- Se puede tener muchas bandas cada una de las cuales puede manejar un canal analógico o digital. Este tipo de esquemas se conoce como canal único por portadora (SCPC Single Channel per Carrier).
- Se puede tener una mezcla de las dos anteriores categorías.

La Fig. 2.1 ejemplifica el uso de un transpondedor por varias estaciones terrenas a través de FDMA.

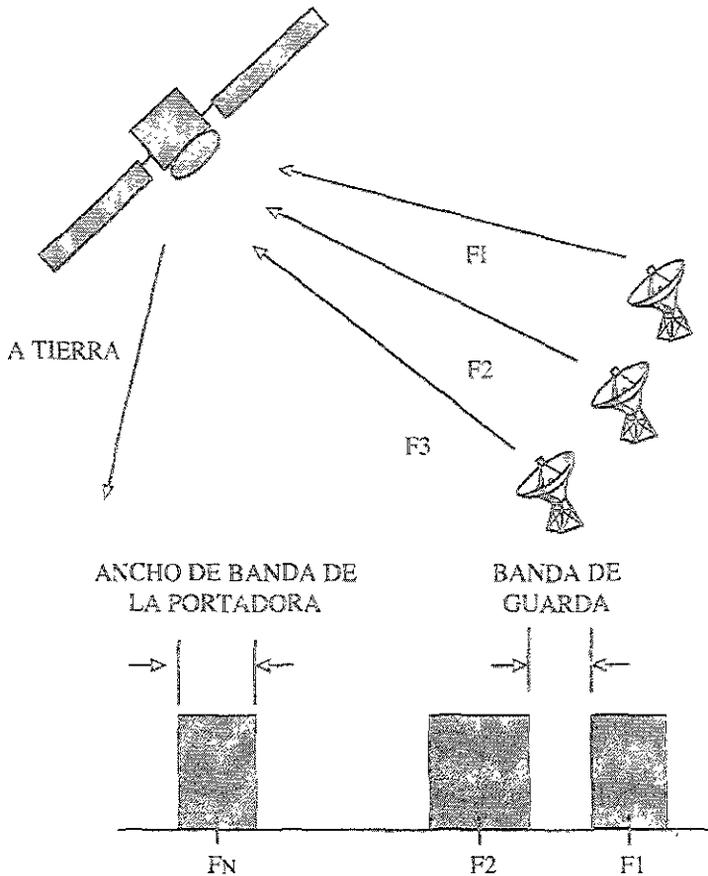


Fig.2.1 Concepto De Un Sistema FDMA.

En relación con el inciso a), a continuación se presente el siguiente esquema:

ESQUEMA FDM/FM/FDMA.

En la técnica de acceso FDM/FM/FDMA cada estación terrena arregla los canales y grupos de canales de entrada en supergrupos de 60 canales que ocupan una banda base de 256 khz, o bien grupos de 12 canales con un ancho de banda de 48 khz, cuando los requerimientos de tráfico son menores.

El super grupo emitido por una estación A en particular, contendrá canales con destino diferente. Sin embargo, los canales modulan en frecuencia a una portadora en el rango de $70 \text{ Mhz} \pm 18 \text{ Mhz}$ (F1). Después esta portadora será convertida a una frecuencia mayor (RF) para ser radiada a través de la antena.

Todas las estaciones que reciben señales de la estación A demodulan la portadora y extraen los canales que le corresponden mediante un proceso de filtrado. Ver Fig. 2.2

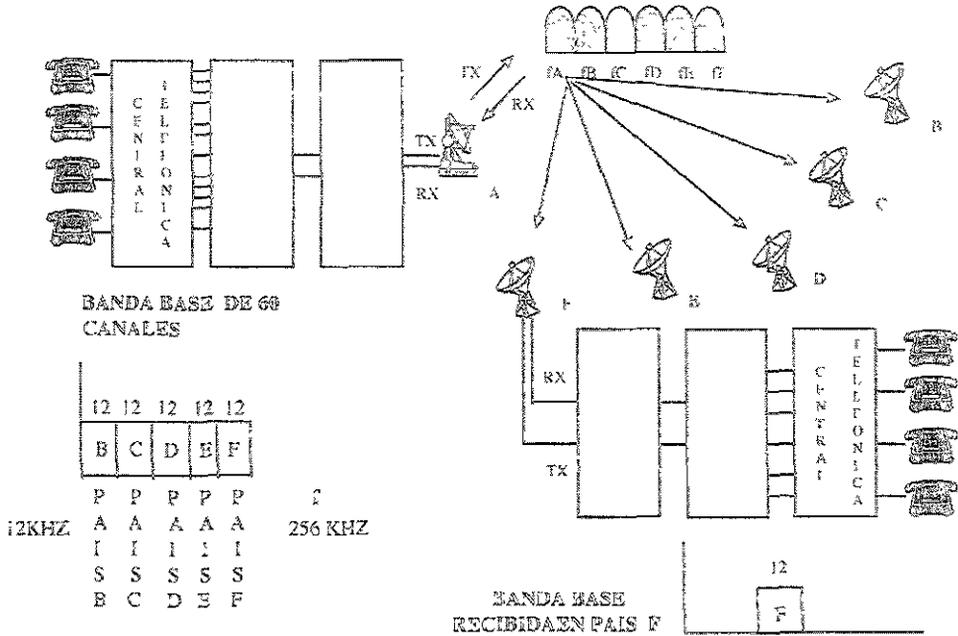


Fig. 2.2 Sistema FDMA/FM/FDMA en referencia a una estación "A" dada.

CANAL ÚNICO POR PORTADORA (SCPC-SINGLE CHANNEL PER CARRIER).

En referencia al inciso b) es conveniente comentar que debido a la ineficiencia que FDM/FM/FDMA presenta, se estudiaron otros métodos de acceso múltiple por división de frecuencia al Satélite, resultando muy práctico el esquema de un canal único por portadora (SCPC) con asignación fija o por demanda.

La técnica de canal único por portadora (SCPC) tiene gran aplicación cuando se desea interconectar un gran número de estaciones terrenas de muy baja capacidad o demanda de tráfico y consiste en que cada canal se le asigna una frecuencia portadora de RF, misma que es modulada por la señal en FM o PSK.

Dado que en telefonía las llamadas son aleatorias, el espectro del transpondedor se puede aprovechar eficientemente si las frecuencias portadoras de RF se asignan temporalmente a las estaciones terrenas, es decir, únicamente mientras tengan información que enviar.

Por ejemplo cuando una estación A termina de transmitir su información, la frecuencia de portadora que se le había asignado pasa a un banco de frecuencias controlado por una computadora central. Si otra estación B desea entonces establecer un enlace, la computadora central le asignará una de las frecuencias disponibles en el "Banco" y quizá se le otorgue la misma frecuencia que antes había utilizado.

La estación A. Como el sistema funciona con base a este banco de frecuencias y el criterio es dar "servicio a quien pida primero", la técnica recibe el nombre de DAMA (Demand Assignment Multiple Access o Acceso Múltiple de Asignación por Demanda). Cuando los canales de voz están codificados en PCM (de acuerdo a recomendaciones vigentes del CCITT), La técnica se conoce como SPADE (Single Channel Per Carrier PCM Multiple Access Demand Assignment Equipment o Equipo de Asignación por Demanda en Acceso Múltiple por canal PCM único por portadora).

INTELSAT IV fue el primer Satélite en utilizar SPADE en uno de sus transpondedores. El transpondedor de 36 Mhz se divide en 800 ranuras de frecuencia. Se tienen 800 portadoras de RF diferentes, de las cuales 794 se emplean para establecer 397 circuitos telefónicos (un circuito ocupa dos ranuras, para el canal de la persona A y el canal de la persona B). El espaciamiento entre cada ranura o canal es de 45 kHz. Conforme aumenta el número de portadoras también decrece drásticamente la capacidad en el número de canales en el transpondedor. De aquí que surge la pregunta ¿Cómo es posible tener 800 portadoras en un sólo transpondedor?. Existen dos razones que justifican la estructura del sistema SPADE.

- 1) Al tener un sólo canal por portadora, ésta se puede apagar (cero potencia transmitida) cuando no haya voz presente, lo que sucede cuando menos 50% del tiempo en que uno establece conversación, ya que algunas veces uno solamente escucha, y aun hablando, se producen pausas entre las palabras. Esto provoca que en realidad se tengan menos de 400 portadoras al mismo tiempo en un transpondedor.
- 2) Los canales SPADE son modulados con QPSK, cada canal se modifica en PCM a 64 kHz y se obtiene una buena calidad objetiva con espaciamiento de 45 kHz entre canales. Como puede verse, esta técnica es atractiva aunque su costo aumenta con respecto al de asignación fija ya que se requiere contar con un complejo controlador DAMA en cada estación.

Cada canal de radiofrecuencia en FDMA, puede usarse para transportar información sobre un sólo canal (SCPC, Single Channel Per Carrier), o sobre varios canales multiplexados (MCPC, Multiple Channels Per Carrier), este multiplexaje de señales, puede realizarse en frecuencias (FDM, Frequency División Multiplexing), o en tiempo (TDM, Time División Multiplexing). En el modo de transmisión SCPC, la portadora puede ser direccionada a una sola estación terrena (usualmente en telefonía), o a varias estaciones receptoras (por ejemplo señales de televisión). El SCPC emplea un canal de voz y/o datos modulados sobre una portadora de radiofrecuencia separada (individual). Se entiende que no existe multiplexaje excepto en donde el ancho de banda del transpondedor utiliza división de

frecuencia para canalizar portadoras individuales cada una soportando la información de un sólo canal.

Para el modo de transmisión MCPC, la información contenida en los canales multiplexados, también puede ser dirigida a una sola estación terrena o a varias. En el primer caso se le conoce como modo de transmisión a un solo destino (SD, Single Destination). En el segundo caso, llamado modo multidestino (MD, Multi-destination Mode). Todos los canales contenidos sobre la portadora son recibidos por todas las estaciones terrenas receptoras, pero cada una de ellas solo manejará los canales correspondientes que tengan asignadas en el plano de frecuencias (FP, Frequency Plan).

2.2 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE LA TÉCNICA DE ACCESO FDMA.

Transmisión simultánea de diverso número de portadoras a diferentes frecuencias son espectros no traslapados.

Formato de distribución de portadoras que depende de la distorsión de la señal, de la interferencia de canales adyacentes, y de la intermodulación en los amplificadores.

Al haber varias portadoras presentes en el mismo transpondedor de un Satélite, y debido a la característica no lineal del amplificador de tubo de ondas progresivas (TOP), es necesario operar este último con varios decibeles abajo de su punto de saturación o nivel máximo de potencia de salida. A esta reducción en la potencia aprovechable se le denomina back-off (BO) de salida. Si el amplificador se opera en una región altamente no lineal se producirán niveles muy altos de productos de intermodulación que afectan significativamente la calidad de las señales amplificadas. (ver Fig. 2.3).

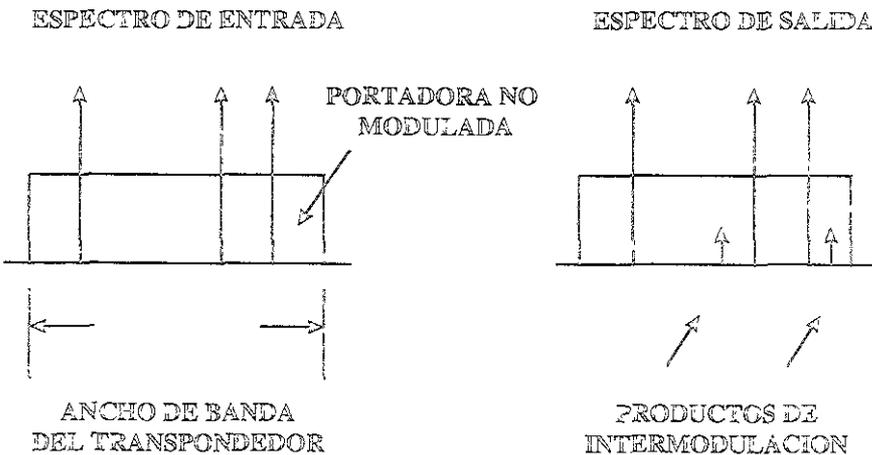


Fig. 2.3 Productos de intermodulación en un transpondedor del satélite.

Al observar la característica típica entrada/salida de un amplificador de tubo de ondas progresivas (TOP) puede notarse que el back-off de entrada no es proporcional al back-off de salida, más allá del punto A, (véase Fig. 2.4). Es deseable, operar el transpondedor en la región comprendida entre el origen y el punto A, que representa la región lineal del dispositivo.

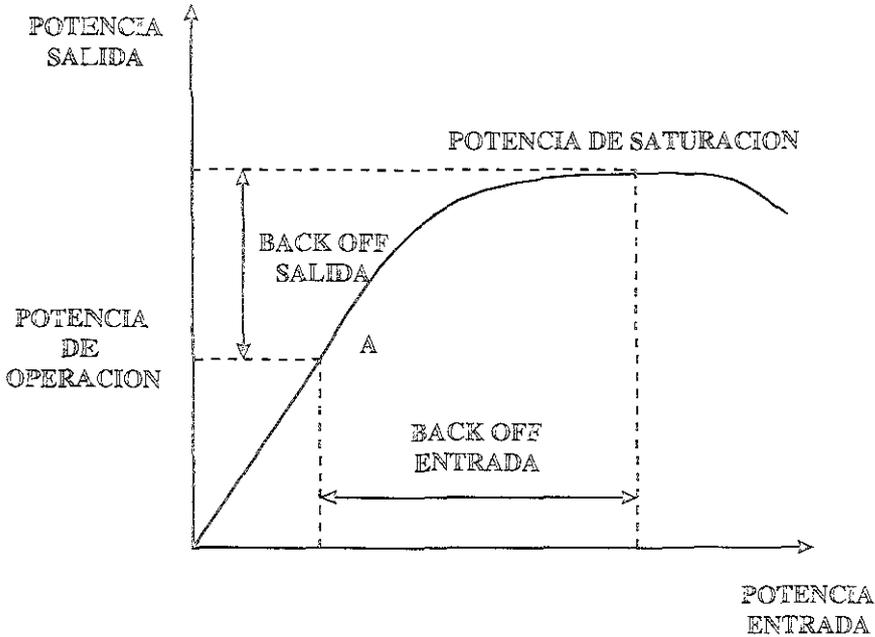


Fig. 2.4 Operación de un Amplificador de Satélite.

En los sistemas FDM/FM/FDMA, la capacidad de un transpondedor operando, varía de acuerdo al número de portadoras, la cual está íntimamente ligada al número de estaciones accediendo al transpondedor.

La Tabla 2.3 muestra la variación del número de canales para un número diferente de portadoras. Como puede notarse la capacidad más alta ocurre cuando se tiene presente solamente una portadora en el Satélite y disminuye a medida que las portadoras en el transpondedor aumentan.

No. DE PORTADORAS	ANCHO DE BANDA POR PORTADORA (MHZ)	NUMERO DE CANALES POR PORTADORA	NUMERO TOTAL DE CANALES EN EL TRANSPONDEDOR
1	36	900	900
4	3 DE 10 1 DE 5	132 60	456
7	5	60	420
14	2.5	24	336

Tabla 2.3 Número de canales en un Transpondedor en Función del Número de Portadoras

Los transpondedores de 36 Mhz, normalmente se operan con portadora de 2.5, 5 ó 10 Mhz, para este tipo de sistemas. También se tiene el caso que se emplee todo el transpondedor por una sola portadora para telefonía (en este caso se tiene acceso único y no múltiple) En el caso de Televisión, se puede tener una portadora con 36 Mhz en acceso único o también, dos canales de TV de 18 Mhz en el mismo transpondedor.

FDM/FM/FDMA es muy eficiente en el aprovechamiento del espectro en el sentido de que cada enlace entre dos estaciones tiene asignada una frecuencia única que no puede ser utilizada por ningún otro enlace en ningún momento, a menos que se emplee reutilización de frecuencia.

La técnica FDMA es especialmente atractiva para aquellas aplicaciones donde la simplicidad y bajo costo de las estaciones terrenas es muy importante (como por ejemplo, sistemas de comunicaciones móviles, sistemas de baja capacidad de comunicación, etc.). En este contexto, los sistemas basados en esta arquitectura pueden ser optimizados si el satélite genera múltiples haces para poder hacer la reutilización de frecuencia, en lugar de la tradicional cobertura global.

Otra característica que se tiene en FDMA es, que las frecuencias portadoras en el transpondedor del satélite, pueden ser preasignadas a canales individuales y usadas exclusivamente por aquella unidad de canal o ser asignadas por demanda. En el caso de asignación por demanda, ninguna terminal de un canal está permanentemente asociada con una frecuencia portadora en particular, y los canales se conforman en pares para establecer una conexión como se requiera en base a la demanda. Entonces cada una de las frecuencias portadoras dentro del ancho de banda del transpondedor del satélite llegan

a ser parte de un cierto número de frecuencias disponibles que pueden ser asignadas a alguna unidad del canal a medida que se requiera.

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TÉCNICA DE ACCESO FDMA.

En FDMA se tienen ventajas importantes con respecto a otras técnicas de acceso, las ventajas son:

- Potencia del amplificador, es proporcional al tráfico.
- Realización sencilla, no hay problemas de sincronización.
- La coordinación para la transmisión de información entre las diferentes estaciones terrenas que comparten el transpondedor es mínima, debido a que no se necesita sincronización para el acceso a éste.
- La asignación de canales es simple y directa.
- Si en cada canal se respeta la tolerancia admisible de la frecuencia y niveles de la señal, se evita el riesgo de una interferencia inesperada entre canales.

Por otro lado, con esta técnica también se tienen desventajas como son:

- Se requiere de un significativo nivel de "back-off" (igual o mayor que 5 db), para controlar la intermodulación y la interferencia entre canales adyacentes, producidos por el comportamiento no lineal de los amplificadores de potencia.
- Por las dificultades de intermodulación, es necesario reducir la potencia de transmisión conforme aumenta el número de portadoras aunque con esto se tenga una consecuente pérdida de eficiencia en la transmisión.
- Los niveles de los enlaces de subida se deben coordinar, estrechamente para hacer un mejor uso de la potencia de subida..
- Debido a la utilización de "back-off" en el amplificador del satélite así como de bandas de guarda entre los espectros de las portadoras, hay un uso ineficiente del ancho de banda del transpondedor satelital.
- Equipo complejo de modems y multiplexación/demultiplexación para múltiples destinos, tantos demoduladores como estaciones.
- No hay flexibilidad en configuración de tráfico.

2.4 ARQUITECTURAS UTILIZADAS EN FDMA.

Las arquitecturas más utilizadas en FDMA son SSB/FDM/FM/FDMA, PCM/SCPC/PSK/FDMA, SSB/SCPC/FM/FDMA y PCM/TDM/PSK/FDMA, donde los cuatros campos indican respectivamente, el modo de codificado de la señal, el tipo de multiplexaje, la forma de modulación y el esquema de acceso al satélite.

SSB/FDM/FM/FDMA

Esta arquitectura ha sido utilizada por sistemas de comunicaciones por satélites comerciales durante mucho tiempo. Su forma de operación es como sigue: La información de cada canal es modulada individualmente en modo banda lateral única con diferentes frecuencias de las subportadoras, formando así el paquete FDM, que después

se modula en frecuencia para ser transmitido vía satélite a los diferentes puntos de destino.

Esta forma de transmisión es muy eficiente particularmente en enlaces SD (a un solo destino) con alto tráfico de datos, pero también es adecuado para transmisiones multipunto (MD).

PCM/SCPC/PSK/FDMA

En esta arquitectura la forma de transmisión es completamente digital y se logra haciendo primero la modulación por codificación de pulsos (PCM, Pulse Code Modulation) de cada canal, para después transmitir las portadoras con modulación por corrimiento de fase (PSK, Phase Shift Keying) en canales separados.

SSB/SCPC/FM/FDMA

En esta forma de transmisión, se utilizan canales de radiofrecuencia que contienen un solo canal de voz, con un ancho de banda de 4 kHz. Esta técnica es ampliamente usada en estaciones terrenas con baja capacidad de tráfico.

PCM/TDM/QPSK/FDMA

Este sistema es digital y consta de múltiples portadoras de FDMA. La señal base consiste de tramas de bits multiplexados en tiempo (TDM, Time División Multiplexing), donde cada portadora (con un ancho de banda de un canal $E1=2.048$ Mb/s o $T1=1.544$ Mb/s), es modulada en QPSK (por sus siglas en Inglés de Quadrature Phase Shift Keying), antes de ser transmitidas hacia el satélite.

Con este sistema lo más interesante es, que es compatible con las portadoras de la arquitectura SSB/FDM/FM/FDMA, siendo posible compartir el mismo transpondedor, además que no se necesita sincronización en la red para la transmisión de información.

Como observación general, el acceso FDMA es el más simple y consiste en la transmisión simultánea de un número diverso de portadoras a diferentes frecuencias, con anchos de banda no traslapados.

Las desventajas causadas por los efectos de intermodulación debido a la no-linealidad de los amplificadores, actualmente este problema se encuentra balanceado por la disponibilidad de amplificadores de alta potencia (HPA's High Power Amplifiers) linealizados y amplificadores de potencia de estado sólido. A diferencia de años atrás, sólo se requiere un número menor de amplificadores de respaldo, lo cual junto con la disponibilidad de fabricación inmediata de codificadores más eficientes para señales de banda angosta, permite que las terminales de usuarios sean más simples, más baratas y sin problema de sincronización.

2.5 APLICACIÓN DE FDMA EN TELEFÓNIA CELULAR.

SISTEMAS ANALÓGICOS (AMPS).

El sistema Analógico "AMPS" se utilizó en la primera generación de telefonía celular en Canadá, USA y América Latina y la Técnica de Acceso que utilizó para enlazarse con sus estaciones base fue FDMA.

Los primeros sistemas que alcanzan un desarrollo comercial significativo aparecen en los años 80: en Europa principalmente el sistema NMT-450 (posteriormente mejorado en su versión NMT-900) y en USA el sistema AMPS (American Mobile Phone System), adaptado posteriormente en Europa como sistema TACS (Total Access Communication System). Estos sistemas empiezan ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

Área de cobertura extensa (cercana a la superficie total de un país). Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema. Todo ello posible, gracias al desarrollo del "concepto celular". Continuidad de la comunicación, al pasar del radio de acción de una estación base al de la estación contigua.

Sin embargo, estos sistemas sólo alcanzan unas penetraciones limitadas debido a los costos que implican.

AMPS es parte de la primera generación de sistemas celulares, en donde todos los sistemas creados son mutuamente incompatibles en el sentido de que las terminales que conforman un estándar no pueden operar con estaciones base conformadas por otro estándar. Las principales diferencias radican en las frecuencias de operación y el ancho de banda de los canales. Por otra parte, todos los sistemas celulares analógicos comparten muchas características.

La más importante es que la transmisión de voz se hace a través de modulación de frecuencia (FM).

Las arquitecturas de red son similares a AMPS y también tienen sistemas de señalización similares. Estos sistemas AMPS se localizan a lo largo de USA, Canadá y América Latina. AMPS provee telefonía básica y servicios suplementarios, aunque también es posible transmitir datos en formato digital sobre canales AMPS. Las principales ventajas de AMPS y otros sistemas de la primera generación fueron en su momento: la amplia cobertura geográfica que se tenía, bajas probabilidades de bloqueo de llamadas, alta calidad de transmisión, alta movilidad del usuario y eficiencia del uso del espectro.

Con una limitada coordinación entre conmutadores, las comunicaciones celulares en los USA inició como una colección de servicios locales. Cada usuario fue capaz de iniciar y recibir llamadas en un área de suscripción local. Los servicios de roaming los cuales hacen posible el uso del celular fuera del área local del suscriptor, se realizaron de una compañía a otra compañía.

Banda Original									
Banda A 825-835		Banda B 835-845			Banda A 870-880		Banda B 880 - 890		
Ampliación Banda A									
A 824-825	Banda A	Banda B	A 845-846.5	A 869-870	Banda A	Banda B	A 890-891.5		
Ampliación Banda B									
A	Banda A	Banda B	A	B	A	Banda A	Banda B	A	B
846.5-899							891.5-894		

Tabla 2.4 Bandas en las que opera AMPS.

2.6 BANDA DE FRECUENCIAS Y CANALES FÍSICOS.

En USA la asignación de frecuencias cubría un ancho de banda de 40 MHz. El ancho de banda fue posteriormente extendido a 50 MHz.

La separación de frecuencias en 2 bandas separará señales que viajan a la estación móvil y de la estación móvil. Se utiliza la banda de 870-890 MHz para información del sitio de la célula al teléfono móvil, en el lado de la transmisión del teléfono móvil, es de 45 MHz menos. Un canal físico de AMPS ocupa 2 bandas de frecuencia de 30 KHz, una por cada dirección. Es decir, si se toma como ejemplo el ancho de banda en una dirección (por ejemplo 20 MHz) y se divide este ancho de banda entre el ancho de banda de cada canal se tiene:

$$20 \text{ MHz} / 30 \text{ KHz} = 666 \text{ canales.}$$

Inmediatamente de que AMPS empezó a dar servicio comercial en los Estados Unidos y Canadá, se amplió el espectro de radio añadiendo 10 MHz a los originales 40 MHz, a esta ampliación se le conoce como EAMPS.

Para cada dirección de transmisión el espectro expandido contiene 1 MHz de ancho de banda justo debajo de cada banda original y 4 MHz justo arriba de cada banda original.

Existen 832 canales en el espectro, con números de canales del 1 al 799, los otros 33 canales en la banda de 1 MHz debajo de la banda original, tienen los números 991 a 1023.

En USA la regulación indica que se deben tener 2 licencias de operación celular en cada área geográfica, una licencia autoriza a una compañía a operar en los 416 canales de la banda A y la otra licencia aplica a los restantes 416 canales de la banda B.

En la mayoría de las localidades un teléfono celular está dentro del rango de operación de las bandas A y B en una misma célula. Aquí la diferencia radica en el SID, en donde para la banda al bit menos significativo =1

Entre los 832 canales, existen 42 canales (21 por cada banda) que sólo llevan información de control del sistema. Estos son los canales 313 - 354.

Para establecer contacto con un sistema AMPS, el receptor de una estación móvil selecciona uno de estos canales. En áreas con alta densidad de usuarios celulares, las compañías designan canales adicionales como canales de control del sistema. Los otros canales (hasta 395 por compañía) son canales que llevan tráfico de voz del usuario.

2.7 CODIGOS DE IDENTIFICACIÓN.

IDENTIFICADORES AMPS		
Notación	Nombre	Tamaño (bits)
MIN	Identificador móvil	34
ESN	Número de serie electrónico	32
SID	Identificador del sistema	15
SCM	Marca de Clase de la estación	4
SAT	Tono de audio de supervisión	*
DCC	Código de color digital	2

Tabla 2.5 Códigos de identificación.

AMPS especifica varios códigos de identificación para cada estación móvil.

El número de identificación móvil (MIN) es un número telefónico de 10 dígitos almacenado en una representación binaria de 34 bits. En USA, este número tiene el mismo formato de un número telefónico convencional. Es decir, los primeros 3 dígitos indican el código de área asociado al área de servicio del hogar del usuario.

En otros países se asignaron prefijos especiales exclusivos para teléfonos móviles, lo cual hace posible diferenciar cuando se trata de una llamada de un teléfono celular o de un teléfono convencional.

Otro código de identificación es el número de serie electrónico (ESN), el cual es un número asignado permanentemente a una terminal.

Un tercer código de identificación es la marca de clase de la estación (SCM) de 4 bits, el cual describe la capacidad de la terminal. Esta marca indica si una terminal tiene acceso a todos los 832 canales de AMPS o si es un modelo antiguo que sólo tienen acceso a 666 canales. Otra propiedad que cubre es la potencia de radiación máxima de la terminal, la cual puede ser 600 mW o 4 W.

El **Identificador de sistema (SID)** es un código de 15 bits almacenado en todas las estaciones base y las estaciones móviles.

Cada estación móvil almacena el identificador del sistema que administra a cada suscriptor. Esto es útil para identificar si un usuario es local "home" o un visitante "visitor" en la estación móvil.

En adición al SID, las compañías asignan 2 identificadores más: El código de color digital (DCC) y el de tono de audio de supervisión (SAT), el cual ayuda a las estaciones móviles vecinas a distinguirse unas de otras. El SAT asignado a una estación base es una de 3 ondas senoidales analógicas. Estaciones base vecinas operan con diferentes SATs. El código DCC de 2 bits tiene un propósito similar.

2.8 ARQUITECTURA.

UNIDAD MOVIL

Constituye la interfaz entre el abonado y la estación base. Además de voz debe proveer funciones de control y de señalización.

La unidad móvil debe poder sintonizar, bajo el control del sistema, cualquiera de los canales dentro de la banda de frecuencias asignada al sistema.

Los mensajes de control se transmiten en canales de señalización o bien multiplexados en los canales de tráfico. Los niveles de potencia del transmisor también pueden ser controlados por el sistema.

Cada llamada que inicia el móvil lleva la identificación de abonado y el número a llamar.

La estación móvil está formada por dos elementos principales: el terminal telefónico y el aparato de radio.

El terminal telefónico, proporciona el contacto entre el usuario y el sistema. Incluye el auricular-micrófono, el marcador, un display y algún tipo de señal de alerta sonoro o luminoso. El terminal radio está compuesto a su vez de la parte de radio propiamente dicha y la parte de control.

La radio trabaja con todas las frecuencias disponibles en el sistema en modo duplex (FDMA-FDM).

El transmisor proporciona hasta aproximadamente 10W y su nivel está controlado por el sistema. Transmite tanto voz como datos. El receptor demodula voz y datos.

El control es una unidad lógica con un microprocesador con la función de coordinar las tareas de control en el móvil. Algunos ejemplos de mensajes de control son los siguientes:

- o Registro del móvil en el área de servicio geográfica en que se encuentra.
- o Generación de una petición del móvil de acceder a un canal.
- o Mensaje e asignación de canal desde la estación base al móvil.
- o Mensaje de traspaso desde la estación base para resintonizar otro canal.

ESTACION BASE

Las estaciones base son responsables de servir las llamadas hacia o desde las unidades móviles que se encuentran en su célula respectiva.

Se conectan al centro de conmutación de móviles por medio de enlaces cable o radio.

Las estaciones base constan de dos partes: la parte radio y la parte de control.

La parte radio comprende los transmisores, receptores, torre y antenas. El control es un microprocesador responsable del control, monitoreo y supervisión de las llamadas.

La asignación y reasignación de canales a las unidades móviles se puede realizar desde la estación base.

Además, la estación base monitorea los niveles de señal para recomendar el traspaso.

CENTRO DE CONMUTACIÓN DE "MÓVILES"

El centro de conmutación de móviles MSC es una central telefónica especial para servicios de radio celular. Trabaja como un controlador central que interconecta las unidades móviles entre sí y con la red telefónica fija.

El número de células conectadas o controladas por un MSC es variable: puede ser suficiente una MSC para un área metropolitana o para un número pequeño de pueblos próximos.

El área bajo control de una MSC se denomina área de conmutación. El abonado móvil que está dentro de su área de servicio se denomina abonado local. Un abonado puede pasar de esta área a otra área en cuyo caso se denomina visitante.

Las principales funciones realizadas por una MSC incluyen la localización, el pagin y el traspaso. Además realiza las funciones propias de una central digital tales como señalización, conmutación, etc. Las comunicaciones entre las Estaciones Base y el MSC y el MSC y la red pública conmutada se hace mediante enlaces por cable o a radio enlaces.

CENTRAL DE LA RED PÚBLICA

La central de la red telefónica pública conmutada PSTN trata a los centros de conmutación de móviles igual que centrales normales de la red fija.

2.9 CANALES LÓGICOS.

Nombre	Notación	Propósito	Topología
Canal de tráfico hacia arriba		Información de usuario	Dedicado (uno a uno)
Canal de control hacia arriba	RECC	Señalización	Acceso Aleatorio (varios a uno)
Canal de voz hacia arriba	RVC	Señalización	Dedicado (uno a uno)
Canal DE tráfico hacia abajo		Información de usuario	Dedicado (uno a uno)
Canal de control hacia abajo	FOCC	Señalización	Acceso Aleatorio (uno a varios)
Canal de voz hacia abajo	FVC	Señalización	Dedicado (uno a uno)

Tabla 2.6 Canales Lógicos.

En la tabla se muestra un total de 6 canales lógicos, el término hacia abajo denota que la información va de la estación base a la unidad móvil y el término hacia arriba indica que el sentido es del móvil a la estación base. En la tabla se tiene un par de canales que transportan la información del usuario de forma analógica a los cuales se les llama "Canales de Tráfico".

Además de los canales de tráfico hay cuatro formatos de información de señalización, los canales de control hacia arriba o hacia abajo se usan para la reservación de canales físicos para información de control de la red. A estos canales lógicos también se les conoce como canales de control comunes ya que son compartidos por muchas estaciones móviles.

El término de canal de voz se usa para denotar que el formato de la información de control del sistema se transporta en un canal físico que también transporta información del usuario. Para hacer posible esta combinación AMPS usa una técnica que se llama apropiadamente blank-and-burst. Para enviar un mensaje de control sobre un canal de voz, el sistema interrumpe el flujo de la información del usuario e inserta el mensaje de control, típicamente esta interrupción es del orden de 100 ms. El usuario oirá un pequeño clic.

MENSAJES.

En los canales de control se envían mensajes, dichos mensajes influyen en la operación del sistema celular. Cada mensaje que se está desplazando de la estación base a un móvil consiste en una secuencia de palabras de 28 bits transmitida en un canal de control hacia abajo (FOCC o FVC). Los mensajes transmitidos por el móvil a la estación base es una secuencia de palabras de 36 bits transmitida en los canales de control hacia arriba (RECC o RVC).

Los mensajes marcados con * son mensajes de control de difusión que proveen la misma información a todas las terminales activas en la célula.

2.10 MODOS DE OPERACIÓN DE UNA TERMINAL CELULAR.

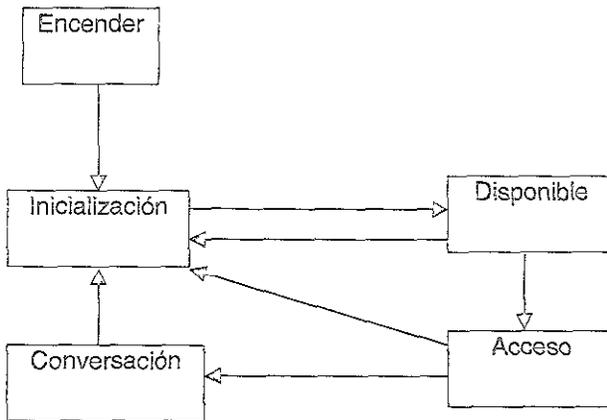


Fig. 2.5 Modo de operación de un celular.

INICIALIZACIÓN.

Existen Varias condiciones para inicializar una terminal móvil.

- o Que el usuario active su teléfono
- o Que una conversación termine
- o Que la terminal pierda contacto con la estación base

Durante el proceso de inicialización, la terminal busca un canal de control disponible de los 21 posibles, del 313 – 333 en la banda A o del 334 – 354 en la banda B. Si la terminal móvil no encuentra algún canal de control libre este muestra el anuncio "no service".

DISPONIBLE

En el modo disponible, la terminal monitorea un canal seleccionado durante la fase de inicialización. Este canal transmite información del estado del sistema. La terminal móvil almacena esta información y la utiliza para realizar administración de la movilidad y procedimientos de establecimiento de llamada. Algunos de estos mensajes contienen parámetros que determinan cuan frecuentemente la terminal transmite un mensaje para indicar la localización del sistema.

Otros mensajes indican los canales físicos utilizados en la celda. Existen varias condiciones para cambiar el estado de una terminal del modo Disponible al modo de Acceso:

- Inicia una llamada cuando el usuario de la terminal presiona el botón SEND.
- Una llamada entrante detectada cuando la terminal reconoce su MIN.

ACCESO

En el modo de acceso una terminal trata de enviar un mensaje a la estación base. Para ello utiliza un canal físico seleccionado de acuerdo a la información recibida en el modo inactivo, la cual especificaba los canales libres en la celda.

CONVERSACIÓN.

Cuando una estación móvil entra al modo de conversación, primero la terminal le indica al sistema que ya tiene seleccionado un canal para tal fin, así mismo la terminal le transmite su identidad SAT.

La estación base transmite la identidad SAT hacia delante y espera escuchar la misma identidad de regreso por el canal de retorno. La estación móvil confirma que se ha seleccionado adecuadamente un canal de voz.

2.11 LLAMADA DE UN MÓVIL.

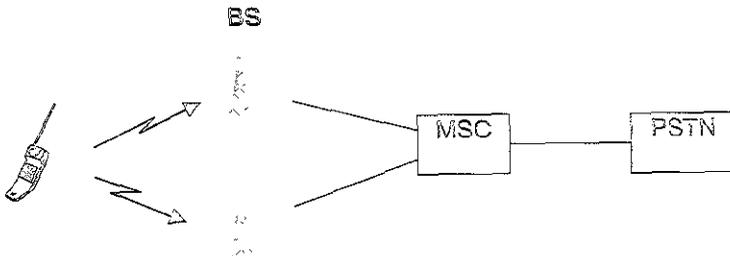


Fig. 2.6 Proceso de llamada de un móvil

El proceso de llamada desde un móvil a un abonado fijo es el siguiente:

- o El móvil recibe por el canal de mensajes el número de canales de acceso disponible en la zona.
- o Explora los AC y se sintoniza al más intenso, que probablemente pertenecerá a la estación base más próxima.
- o El móvil envía el número al que llama y su propia identificación. La estación base recibe esta información y la encamina hacia el centro de conmutación de móviles MSC.
- o El centro de conmutación de móviles MSC determina el canal de voz a asignar al móvil y le envía la información para que éste se sintonice a dicho canal.
- o El MSC envía el número llamado a la red pública conmutada PSTN.
- o La red Pública conmutada PSTN completa el camino de conexión al número llamado

2.12 LLAMADA A UN MÓVIL.

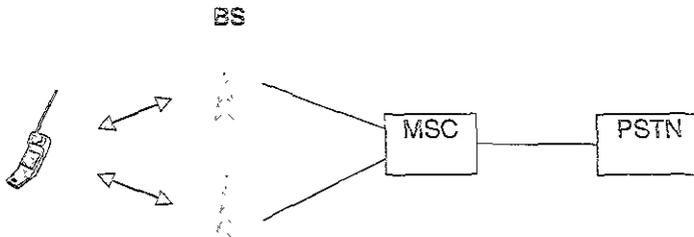


Fig. 2.7 Proceso de llamada a un móvil

La llamada desde un abonado fijo a uno móvil sigue el siguiente proceso:

- o La red pública conmutada encamina la llamada al MSC en la que está registrado el abonado móvil.
- o El MSC hace que todas sus estaciones base transmitan en sus canales de mensaje el número del móvil llamado.
- o El móvil identifica su número, sintoniza el canal de acceso más intenso y envía un reconocimiento de recepción del mensaje. La estación base reenvía este reconocimiento al MSC.
- o El MSC selecciona un canal de voz libre de la estación base y el móvil se sintoniza a dicho canal.

- A través el canal de voz se envía un tono de alerta al móvil al tiempo que se envía tono de llamada al abonado que ha iniciado la llamada.
- El circuito de voz estará disponible tan pronto como el usuario llamada responda (se quitan los tonos de alerta y de llamada).

AUTENTICACIÓN

El número de serie electrónico (ESN) es el corazón de los procedimientos de seguridad de la red AMPS. Para tener acceso a servicios AMPS una terminal transmite ambos el ESN y la identidad de su terminal (MIN). La ESN se instala electrónicamente en la terminal y es considerada información privada, perteneciente a una compañía celular. Debido a que las terminales móviles transmiten estas identidades a través del aire, estos códigos son sujetos de interceptación y uso fraudulento.

2.13 CAPACIDAD DE UN SISTEMA CELULAR.

Existen 3 maneras de incrementar la capacidad de un sistema celular:

- Operar con celdas más pequeñas
- Obtener espectro de banda adicional
- Introducir nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del espectro

Mientras que la división de celdas para incrementar la capacidad es fundamental esta opción tiene sus desventajas, como lo es el reto de administrar eficientemente los recursos de radio.

Obtener nuevo ancho de banda es difícil, incluso en México y USA éste ya está limitado. Así mismo se pide a las compañías celulares adaptar nuevas tecnologías de transmisión para permitir que al tener diferentes maneras de manejar la información, esta no interfiera con la de otros proveedores del servicio celular.

Actualmente han surgido nuevas tecnologías de transmisión las cuales hacen más eficiente el uso del espectro que el AMPS. Dos de ellas transmiten la voz en forma digital, una utilizando el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y la otra utilizando acceso múltiple por división de código (CDMA).

CAPITULO 3

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO
TDMA

3.0 INTRODUCCIÓN.

Con TDM, las transmisiones para fuentes múltiples ocurren sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo. Las transmisiones de varias fuentes se intercalan en el dominio del tiempo.

El tipo más común de modulación utilizada con los sistemas TDM es PCM. Con un sistema PCM-TDM, se muestran dos o más canales de banda de voz, convertidos a códigos PCM, luego se utiliza el proceso de multicanalización por división de tiempo en un solo par de cables metálicos o en un cable de fibra óptica

La Fig. 3.1 muestra un diagrama a bloques simplificado de un sistema de portadora para PCM-TDM de dos canales. Cada canal, de manera alternada se usa y se convierte a un código PCM. Mientras que el código PCM para el canal 1 se esta transmitiendo, el canal 2 esta usando y convirtiendo a un código PCM. Mientras que el código PCM del canal 2 se esta transmitiendo la siguiente señal se toma del canal 1 y se convierte en código PCM.

Este proceso continua y se toman de manera alternativa señales de cada canal, se convierte a códigos PCM y se transmiten. El proceso de multicanalización es simplemente un interruptor electrónico con dos entradas y una salida. El canal 1 y el canal 2 se seleccionan de manera alterna y se conectan a la salida del multicanalizador.

El tiempo que toma transmitir una señal en cada canal se llama tiempo de trama.

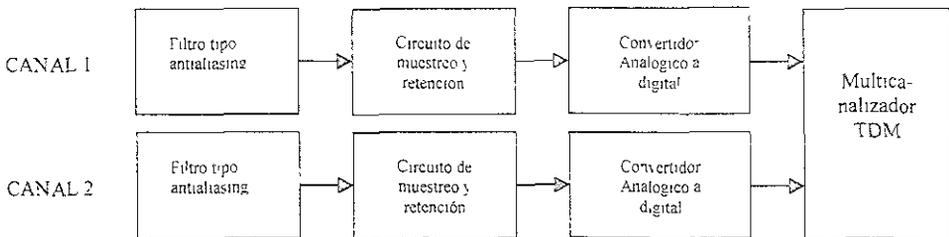


Fig. 3.1 Sistema PCM-TDM 2 canales.

El código PCM para cada canal ocupa una ranura de tiempo fija (ciclo) dentro de la trama total de TDM con un sistema de dos canales el tiempo asignado para cada canal es igual a la mitad de la trama del tiempo total. Se toma una señal de cada canal una vez durante cada trama, por lo tanto, el tiempo de la trama total es igual al recíproco de la razón de muestreo ($1/F_s$). como se muestra en la Fig. 3.2

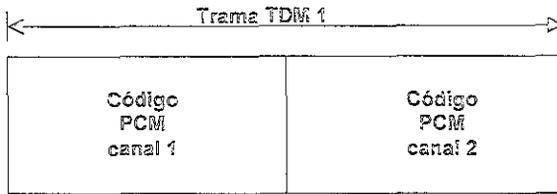


Fig. 3.2 Trama TDM.

3.1 TDMA APLICADO A SATELITE.

Esta practica es tanto nueva en sus aplicaciones civiles debido a que estuvo restringida en un tiempo ya que solo se utilizo para fines militares. Es un adelanto tecnológico que ha sido relevante en las comunicaciones eléctricas modernas y con mucho porvenir en la sociedad futura con servicios automatizados integrados.

Sus aplicaciones sobresalientes están enfocadas a optimizar la utilización de algunos recursos de un satélite artificial; operando este como una estación de relevo espacial en subbandas de la banda de radar. En la técnica de TDMA el ancho de banda del transpondedor del satélite se comparte entre el numero máximo de estaciones preestablecidas en una red de estaciones terrenas, en una forma analógica a como se comparte la CPU de una computadora de multiusuarios operando por compartimiento de tiempo.

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es el método predominante utilizado actualmente para acceso múltiple. Proporciona el método más eficiente para transmitir portadoras moduladas, en forma digital (PSK). El TDMA es un método de portadoras moduladas digitalmente con multicanalización por división de tiempo entre estaciones terrenas participantes, dentro de una red satelital, a través de un transpondedor común de satélite.

Con TDMA, cada estación terrena transmite una corta ráfaga de una portadora modulada en forma digital durante una ranura de tiempo preciso (intervalo) dentro de una trama TDMA. Cada ráfaga de la estación se sincroniza para que llegue al transpondedor de satélite a un tiempo diferente. En consecuencia, solamente esta presente en el transponder la portadora de una estación terrena en un momento determinado, evitando así, una colisión con la portadora de otra estación.

Cuando todas las estaciones del conjunto o red de terminales han usado su corto intervalo de tiempo asignado, se dice que se ha completado un ciclo en la oportunidad que cada instalación de acceso tiene de transmitir, o de recibir, su ráfaga de energía electromagnética.

A ese ciclo, teniendo en cuenta los cortos intervalos de tiempo muerto (o más bien de protección) que deben separar a cada ráfaga consecutiva para evitar traslapes, se llama también; entramado, armazón, cuadro o esqueleto del protocolo de señalizaciones. Como parte de este ciclo solo una estación terrena tiene acceso al repetidor en el satélite durante el intervalo correspondiente; continuando las restantes, una tras otra, en transmisión-recepción de su ráfaga de energía, respetando una secuencia ya prevista.

El transponder es un repetidor de RF a RF que simplemente recibe las transmisiones de las estaciones terrenas, las amplifica, y luego vuelve a transmitirías en un haz de bajada que se recibe por todas las estaciones terrenas participantes. Cada estación terrena recibe las ráfagas de todas las otras estaciones terrenas y tienen que seleccionar, de entre ellas, el tráfico destinado solamente para ella.

La Fig. 3.3 muestra una trama de TDMA. Las transmisiones de todas las estaciones terrenas están sincronizadas a una ráfaga de referencia

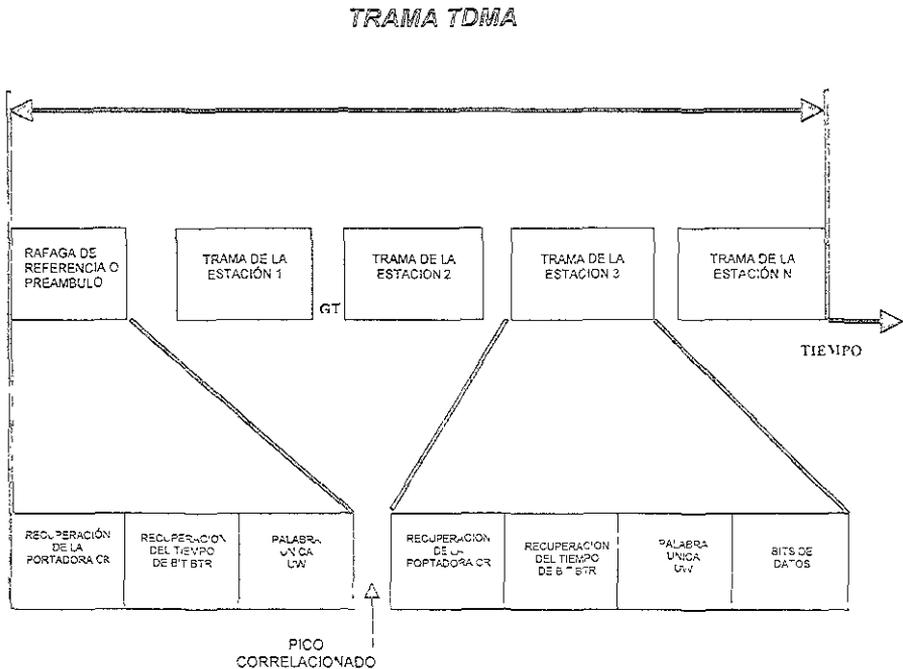


Fig. 3.3 Ejemplo de trama TDMA.

En la Fig. 3.3 muestra la ráfaga de referencia como una transmisión separada, que precede la transmisión de datos de una transmisión de referencia. Además, puede haber mas de una ráfaga de referencia para la sincronización

La ráfaga de referencia contiene una secuencia de recuperación de la portadora (CRS), de la cual todas las estaciones receptoras recuperan una portadora de frecuencia y fase coherente, para la demodulación de PSK. También se incluye la ráfaga de referencia una secuencia binaria para la recuperación del tiempo de bit.

A final de cada ráfaga de referencia, se transmite una palabra única (UW). La secuencia de UW se utiliza para establecer una referencia de tiempo preciso que cada una de las estaciones terrenas utiliza para sincronizar la transmisión de su ráfaga. La UW es típicamente una cadena de unos binarios sucesivos terminada con un 0 binario. Cada receptor de la estación terrena demodula e integra la secuencia de UW.

La Fig. 3.4 muestra el resultado del proceso de integración: El integrador y detector de umbral están diseñados para que el voltaje de umbral se enlace, precisamente, cuando se integre el último bit de la secuencia de UW. Esto genera un pico de correlación de la salida del detector de umbral, en el preciso momento en que termine la secuencia de UW. La estación terrena sincroniza la transmisión de su portadora con la ocurrencia del pico de correlación de la UW.

CORRELACIONADOR DE PALABRA ÚNICA

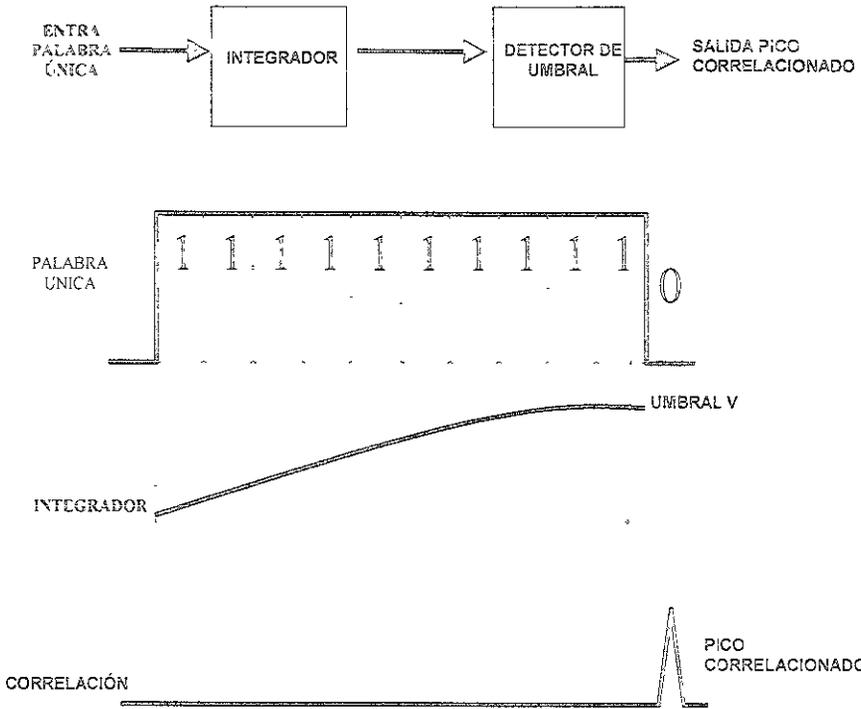


Fig. 3.4 Correlacionador de palabra única.

Cada estación espera una cantidad diferente de tiempo antes de empezar a transmitir. En consecuencia nunca dos estaciones transmitirán la portadora al mismo tiempo. Observe el tiempo de guarda (GT) entre las transmisiones provenientes de estaciones sucesivas. Esto es análogo a una banda de guarda en un sistema de multicanalización por división de frecuencia.

Cada estación precede la transmisión de datos con un preámbulo. El preámbulo es lógicamente equivalente a la ráfaga de equivalencia. Debido a que las transmisiones de cada estación las deben recibir las otras estaciones terrenas, todas las estaciones tienen que recuperar la información del reloj y la portadora antes de modular los datos

3.2 TRAMA DE MULTICANALIZACIÓN PRIMARIA DEL CEPT.

La Fig. 3.5 y la Fig 3.6 muestran el diagrama de bloques y la secuencia de sincronización para la trama de multicanalización primaria de CEPT (CEPT-Conferencia de administración postales y de telecomunicaciones europeas). Respectivamente, la CEPT establece mucho de los estándares europeos para las telecomunicaciones. Este es un formato de trama de TDMA utilizado comúnmente para sistemas digitales por satélite.

Esencialmente, TDMA es un sistema de almacenar y enviar. Las estaciones terrenas pueden transmitir solamente durante una ranura de tiempo específico, aunque las señales de banda de voz que están entrando son continuas. En consecuencia, es necesario mostrar y guardar las señales de voz antes de su transmisión.

La trama de CEPT esta hecha de muestras codificadas en PCM de 8 bits de 16 canales independientes de banda de voz. Cada canal tiene un codec separado que muestra las señales de voz que están entrando a una velocidad de 16 KHz y convierte esa muestra a código binario de 8 bits. Esto resulta en 128 kbps transmitidos a una velocidad de 2 048 Mhz desde cada codec de canal de voz.

Las 16 transmisiones de 128 kbps utilizan multicanalización por división de tiempo en una subtrama que contiene una muestra de 8 bits de cada uno de los 16 canales. Requiere solamente 62.5 μ s para acumular los 128 bits (velocidad de transmisión de 2 048 Mbps) el formato para multicanalización de CEPT especifica un tiempo de trama de 2 ms. En consecuencia, cada estación terrena puede transmitir solamente una vez, cada 2 ms y, por lo tanto, tiene que guardar las muestras codificadas en PCM.

Los 128 bits acumulados durante la primera muestra de cada canal de banda de voz, se guardan en un registro de retención, mientras que una segunda muestra se toma de cada canal y se convierte en otra subtrama de 128 bits. Esta secuencia de 128 bits se guarda en el registro de retención, atrás de los primeros 128 bits. El proceso continúa para 32 subtramas. Después de los 2 ms, 32 muestras de 8 bits han sido tomadas de cada uno de los 16 canales de banda de voz, para hacer un total de 4096 bits. En este momento, los 4096 bits se transfieren a un desplazador de registro de entrada para su transmisión.

Debido a que la trama TDMA total es de 2 ms de largo y durante este periodo de 2 ms, cada una de las estaciones terrenas participantes, tiene que transmitir en diferentes tiempos, las transmisiones individuales de cada estación deben ocurrir en un periodo de tiempo bastante mas corto. En la trama del CEPT, se utiliza una velocidad de transmisión de 120.832 Mbps. Esta velocidad es el múltiplo 59 de

2 048 Mbps En consecuencia la transmisión real de los 4096 bits acumulados se lleva aproximadamente 33.9 μ s.

En los receptores de las estaciones terrenas, los 4096 bits están guardados en un registro de retención y cambiados a una velocidad de 2 048 Mbps. Debido a que todas las velocidades de reloj están sincronizadas, los códigos PCM se acumulan, se guardan, se transmiten, se reciben y, luego se codifican en perfecta sincronización Para los usuarios, la transmisión de voz parece ser un proceso continuo.

TRANSMISOR DE TRAMA MULTICANALIZADA PRIMARIA DE CEPT, TDMA.

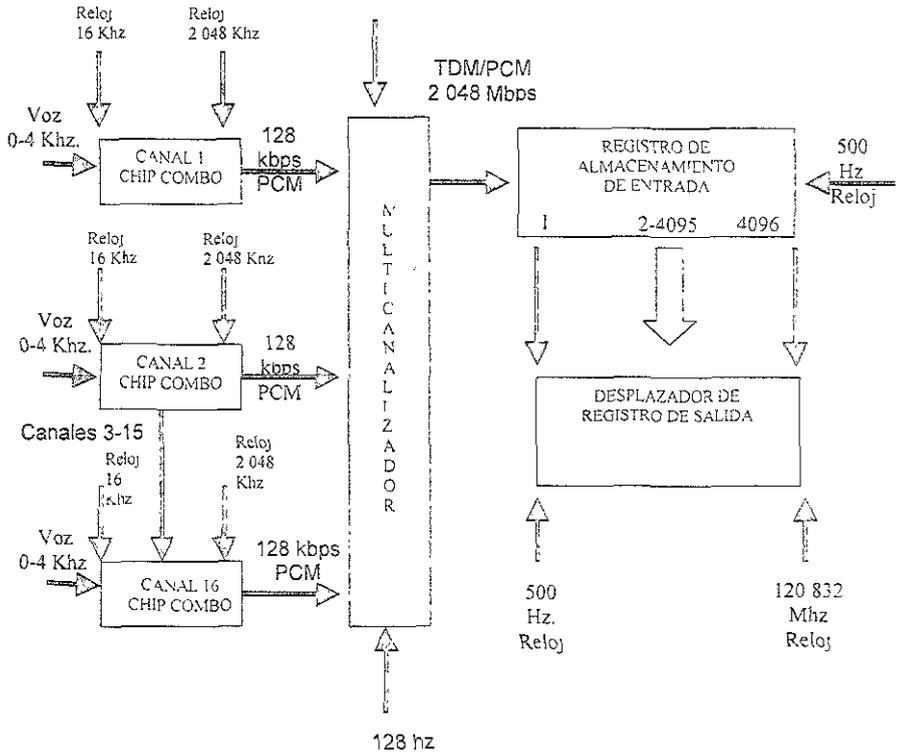


Fig. 3.5 Transmisor Trama multicanalizada primaria.

3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Hay varias ventajas del TDMA sobre el FDMA. La primera, y probablemente la más importante es que con TDMA solamente la portadora de una estación terrena esta presente en el transpondedor del satélite en cualquier momento determinado, reduciendo así la distorsión por inter modulación.

Segunda, con FDMA, cada estación terrena tiene que ser capaz de transmitir y recibir en una multitud de frecuencias de portadora para alcanzar las capacidades del acceso múltiple. Tercera, TDMA es mucho más apropiada para la transmisión digital que FDMA: Las señales digitales se aclimatan en forma más natural al almacenaje, conversiones de velocidades, y procedimiento de dominio del tiempo de sus contrapartes analógicas.

TRAMA MULTICANALIZADA PRIMARIA DE CEPT, TDMA.

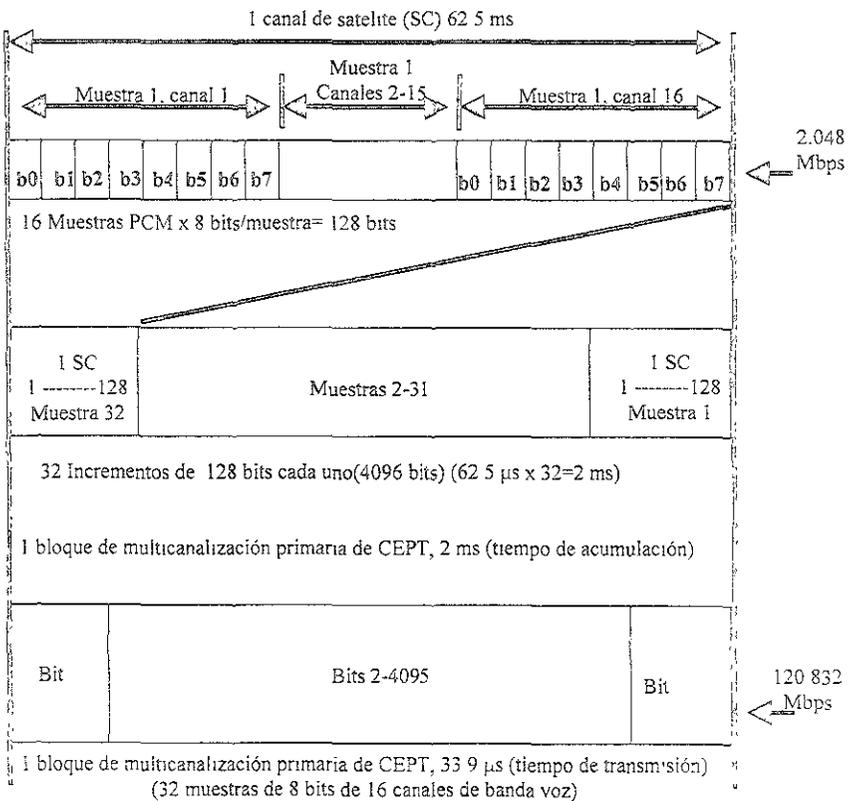


Fig. 3.6 Trama multicanalizada.

Las desventajas principales del TDMA en comparación con FDMA es que en TDMA se requiere de una sincronización precisa. Las transmisiones de cada estación terrena deben ocurrir durante una ranura de tiempo exacta. Además, la sincronización de los bits y tramas deben alcanzarse y mantenerse con TDMA.

Sin entrar en detalles particulares de las diferentes categorías de TDMA, dentro de transmisión-recepción en banda ancha (cuando el canal compartido ocupa todo el ancho de banda del transponder), o en banda estrecha (cuando en canal utilizado ocupa alguna subbanda de aquellas en las que se puede dividir todo el ancho de banda del transponder), y tampoco de las componentes que pueden integrar cada una de las partes básicas, entre otros renglones que pueden caracterizar a esta técnica están las siguientes.

- Durante intervalos separados, cada estación terrena tiene acceso a la capacidad (ancho de banda y potencia) disponible del transponder, permitiendo así que estas usen la misma banda para transmitir sus ráfagas. Igualmente, podría usarse otra banda común a todas para recepción de ráfagas, lo cual limitaría el ancho de banda del repetidor.
- Sus costos iniciales son mayores que los FDMA, pero han seguido la tendencia de baja significativa para el abaratamiento continuo, aunado al aumento de la capacidad y calidad de los dispositivos digitales.
- Comparando el FDMA con la portadora, en el TDMA se logra mayor capacidad. Hay mayor oportunidad de minimizar el equipo, principalmente el que corresponde a instalaciones en tierra, así como mejorar la eficiencia de operación de las partes instaladas en el satélite.
- Aunque el tiempo de respuesta es predecible y satisfactorio, al aumentar el número de estaciones se incrementa el retraso de la respuesta. A mayores derechos a prioridades de transmisión y recepción, mayor será el costo de utilización del satélite.
- Es compatible con las tecnologías digitales avanzadas y, con poco esfuerzo adicional, relativamente fácil de adaptar a nuevos planes de mejora en las comunicaciones por satélite.
- En operación parcial o a plena capacidad no es tan difícil su adaptación a cambios, pues en tiempo real se puede modificar la rapidez de transmisión de datos, así como efectuar asignación de accesos y tiempo de usuario según sea la demanda de servicio. En los casos de FDMA esto es más difícil porque en vez de control por programa, como es aquí el caso, se tendrían que hacer cambios e incorporaciones de equipo de diferente capacidad de transmisión.
- Las estaciones terrenas en recepción utilizan un mapa de conexiones para seleccionar el tráfico dirigido a cada una de las estaciones del conjunto; Por lo tanto, no es necesario, un esquema o lógica compleja para encaminar desde el origen y decodificar en el destinatario de las señales.

El control de transmisión-recepción en la red, es decir, tanto la distribución del tráfico como la sincronización de las computadoras en los extremos, así como la selección de las estaciones, se establece mediante una computadora central coordinada con la estación ordenadora(master).

3.4 TDMA APLICADO A TELEFONIA.

El sistema de telefonía celular digital TDMA tiene varios objetivos claves. El principal es proveer capacidad adicional. En varias grandes ciudades, puede resultar muy difícil acceder al sistema durante las horas pico. Y conforme sigue aumentando el número de suscriptores, el problema continuara empeorando. El sistema TDMA provee un incremento de tres veces en la capacidad del sistema sobre el AMPS básico y en el futuro existe la posibilidad de una expansión a seis veces la capacidad sobre AMPS.

Un objetivo clave del sistema es ser compatible para trabajar ya sea en un ambiente AMPS o en un ambiente TDMA. Esta compatibilidad es necesaria debido a la enorme infraestructura instalada del sistema AMPS. Los proveedores de servicios y propietarios de teléfonos no desean que el sistema anterior se desgarré para hacer espacio para el nuevo sistema, de manera que el nuevo sistema debe poder traslaparse y funcionar con el viejo sistema.

Otro objetivo de un sistema digital es reducir el consumo y tamaño de las baterías. Lo que ha originado que los sistemas digitales tengan aparatos celulares cada vez más pequeños.

A principios de los noventa se convino en una norma para un sistema digital TDMA. El primer sistema fue instalado y comenzó a operar en Dallas, Texas, en 1994. La respuesta inicial a este sistema fue desfavorable, especialmente respecto a la calidad de la voz, se continuaron los trabajos en el sistema TDMA y, en 1996, se introdujo un nuevo estándar, IS-136.

IS-136 ofrecía muchas mejoras para los primeros sistemas digitales poco populares. En la actualidad, TDMA está creciendo a un ritmo acelerado. Gran parte del crecimiento puede atribuirse a una mejor calidad de la voz, así como a la facilidad para instalar y dar mantenimiento a un sistema TDMA.

Cada celda TDMA tiene una estación base de baja potencia(transmisor) diseñada solamente para cubrir un área local. Las celdas típicas pueden cubrir varios kilómetros, pero los nuevos conceptos como microceldas y picoceldas pueden cubrir solamente una cuadra de una ciudad o incluso solamente una parte de un edificio. La antena de la estación base puede ser omnidireccional, bidireccional o de haz enfocado, dependiendo del entorno.

Todas las estaciones base dentro de un sistema están conectadas al interruptor de control del sistema celular, el conmutador telefónico móvil(MTX) o la oficina central de conmutación telefónica móvil(MTSO) o el centro de conmutación móvil(MSC). Esta conexión puede ser por línea terrestre o un enlace de microondas. El MTX o MTSO se conectan a la oficina telefónica local del sistema de cableado telefónico. Como se muestra en la fig. 3.7.

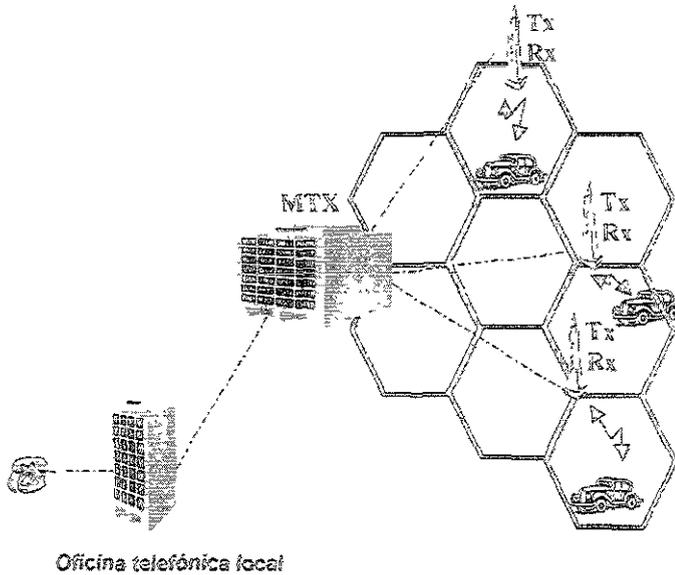


Fig. 3.7 Cobertura TDMA.

Cuando el móvil llega al borde de una celda, el teléfono es transferido a una celda adyacente, siempre y cuando exista un canal libre. Si no hay un canal libre en la celda adyacente, la llamada se degradará y eventualmente se perderá. De esta manera, el teléfono móvil puede viajar a cualquier lugar de la zona de cobertura y continuar la conversación.

3.5 METODO DE ACCESO TDMA.

TDMA usa un sistema de canalización con canales de 30Khz y tiempo de canal compartido. Actualmente, tres usuarios comparten en tiempo el mismo canal. Si se desarrollan los codificadores de voz a mitad de la velocidad, 6 usuarios compartirán en tiempo el mismo canal de 30 kHz vease Fig. 3.8.

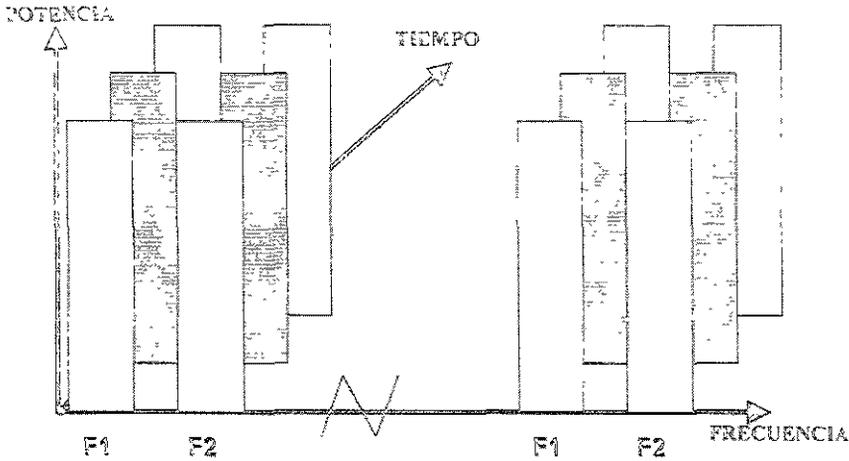


Fig. 3.8 Acceso TDMA.

En la Fig. 3.9, se muestra un diagrama de bloques de un teléfono celular digital IS-136. En el lado del transmisor, la voz analógica entra al micrófono, pasa por un filtro y después es digitalizada. Estos datos de voz digital entran al codificador ACELP (Predictivo de línea Excitada con Código Algebraico). Este codificador de voz reduce la cantidad de datos digitales que necesitan ser transmitidos. Después del codificador de voz, se aplica una corrección de error a los datos. A continuación, la corriente de datos pasa al modulador $n/4$ DQPSK, pasa a través de un filtro de datos de banda base y es convertido a RF (ya sea en banda celular o PCS) para su transmisión.

El lado del receptor del radio digital es esencialmente igual al lado del transmisor, pero en orden opuesto. La señal RF entrante es filtrada, amplificada. Convertida a una frecuencia IF, filtrada y demodulada para recuperar los datos digitales. Estos datos digitales de banda base son entonces sometidos a una corrección de error y se descomprimen en el decodificador ACELP. Los datos son entonces filtrados, convertidos en analógicos, amplificados y enviados a la bocina.

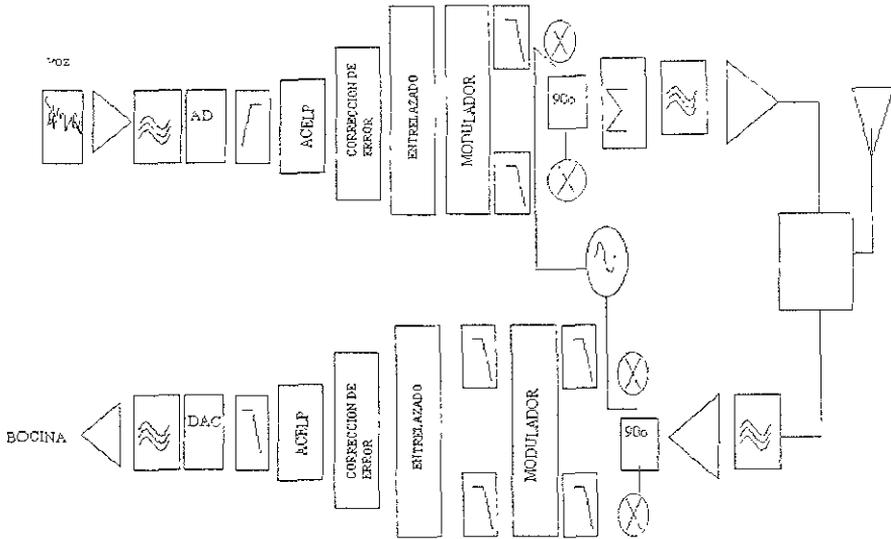


Fig. 3.9 Diagrama a bloques de un telefono celular.

Para mejorar aun más el rendimiento del sistema TDMA, los datos de habla son entrelazados a lo largo de 2 ranuras de tiempo. Este entrelazamiento resulta en que los bits de datos de 1 trama de habla se separen unos de otros. Si se pierde parte de la ranura de tiempo, esto corrompe solamente parte de la trama de conversación. Los datos restantes que se entrelazaron en una ranura de tiempo diferente todavía pueden regenerar parte de la conversación.

Como se muestra en la Fig. 3 10, la mitad de la trama Y es transmitida en la ranura de tiempo 1 y la otra mitad es transmitida en la ranura de tiempo 4. Para una mejor corrección de errores, los bits se colocan en un arreglo entrelazado y no se transmiten siguiendo un orden secuencial de tramas. Al mezclar los bits, los bits Clase-1 y Clase-2 se dispersan en lugar de ocurrir en grandes grupos. Por tanto, en un pico de pérdida de mezclar los bits, los bits Clase-1 y Clase-2 se dispersan en lugar de ocurrir en grandes grupos

Por tanto, en un pico de pérdida de datos, la pérdida de los importantes bits Clase-1 se atemperara con la pérdida de los menos importantes bits Clase-2

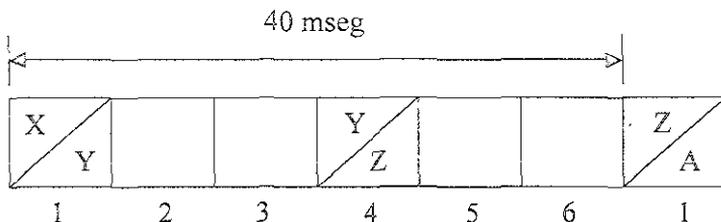


Fig. 3.10 Entrelazamiento.

El entrelazamiento protege contra el desvanecimiento rápido de Rayleigh de corta duración. Este tipo de desvanecimiento ocurre cuando el móvil está en movimiento. Cuando el usuario se acerca a una estructura terrestre de gran tamaño, como un edificio o colina, puede ocurrir la pérdida de señal o un desvanecimiento en varias rutas: Este tipo de desvanecimiento ocurre muy rápidamente y tiene una duración breve. Es por lo breve de esta duración que el entrelazamiento ayuda. El entrelazamiento no protege contra desvanecimientos de larga duración. El desvanecimiento de larga duración ocurre cuando el móvil se aleja cada vez más de la estación base.

3.6 SINCRONIA TDMA.

La sincronía en un sistema TDMA es crítica para su correcto funcionamiento. Dado que el canal de comunicación se divide en ranuras de tiempo, cada móvil necesita transmitir solamente en su ranura de tiempo para evitar la sobreposición de ya sea la ranura anterior o posterior.

El primer problema importante ocurre cuando el móvil trata de entrar al sistema por primera vez. No tiene forma de saber cuál es la sincronía del sistema sino hasta después de haber estado en él durante algún tiempo. Por tanto, este es el momento más probable para que un móvil interfiera con otros usuarios. Para reducir este problema, el móvil usa impulsos recortados cuando trata de entrar al sistema por primera vez. En lugar de los periodos usuales de 162 símbolos, los impulsos recortados duran solamente periodos de 48 símbolos. La teoría es que si el móvil no transmite mucho, tiene menos posibilidades de interferir. Una vez establecida la sincronía del sistema, puede iniciarse la transmisión de duración regular. Los móviles también incluyen algunos bits de guarda al comienzo de cada transmisión. Aquí es cuando existen mayores probabilidades de que ocurran errores de sincronización. Estos tiempos de guarda son periodos en los que el móvil no transmite datos y parece no recibir ningún dato.

La estación base usa el parámetro de Ajuste de Tiempo para indicar a los diversos móviles que ajusten sus tiempos de transmisión.

Si la estación base nota que un móvil comienza a traslapar la guarda de tiempo de la ranura de tiempo de otro móvil, envía un mensaje de alineación de tiempo ya sea a través de FACCH o SACCH instruyendo al móvil para que transmita antes o después.

Esta es una actividad importante de la estación base. Los móviles se están moviendo constantemente respecto a la estación base. Por lo tanto, la llegada de sus impulsos cambia constantemente. La estación base debe cambiar en forma activa el parámetro de ajuste de tiempo para evitar que se traslape la llegada de estos impulsos.

Existe una compensación de tiempo integrada en forma inherente en el sistema entre el móvil y la estación base. Esta compensación de tiempo es de una ranura (162 símbolos) +45 periodos de símbolo (207 símbolos)

La secuencia de sincronización es un campo de 14 símbolos enviado en cada impulso, usado para la sincronización de ranura, la definición del ecualizador y la identificación de ranuras de tiempo. Cada ranura de tiempo tiene su propia secuencia. La palabra de sincronización tiene buenas propiedades de autocorrelación para facilitar la sincronización y la definición. Los seis identificadores de ranuras de tiempo tienen buenas propiedades de correlación cruzada para una fácil identificación.

El móvil usa la misma palabra para el entrenamiento del ecualizador que la usa para la sincronización. Como la palabra ya es conocida cuando se reciben los datos, la palabra recibida se compara con la palabra conocida por el ecualizador. Los algoritmos DSP calculan los coeficientes inversos del filtro que modelan las características de desvanecimiento del canal. Este filtro inverso es entonces aplicado a todo el paquete de datos como se muestra en la Fig. 3.11.

Este proceso elimina gran parte de la distorsión de la señal causada por desvanecimientos, rutas múltiples y otras interferencias. Estos algoritmos del ecualizador no están especificados en ningún estándar, por lo que son específicos de cada fabricante.

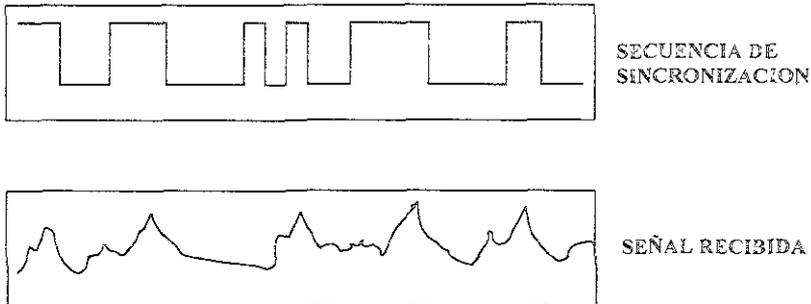


Fig. 3.11 Filtro Inverso.

La ranura de tiempo TDMA esta integrada por 162 símbolos, o 324 bits. La estructura de datos es diferente para el móvil y para la estación base. Esto se debe a que el móvil necesita mas tiempo de ascenso para que sus circuitos RF reciban pulsos. La estación base siempre esta transmitiendo, por lo que no requiere de un tiempo de ascenso.

La ranura de tiempo del móvil comienza con tiempo de guarda y tiempo de ascenso, transmite 8 símbolos de datos, después transmite la secuencia de sincronización. Esto va seguido por mas datos, después el SAC (canal de control Asociado lento), el CDVCC y después mas datos. En el lado de la estación base, la ranura de tiempo no incluye tiempos de guarda o ascenso, por lo que estos 8 símbolos restantes se colocan al final de la ranura de tiempo y se reservan para uso futuro.

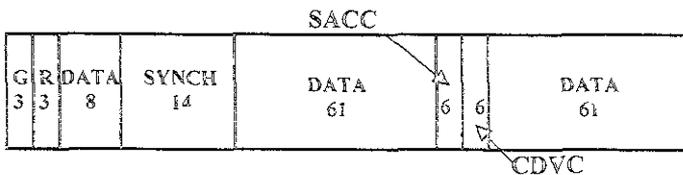
El SACCH, o canal de control asociado lento, es un mensaje de 6 símbolos que se transmite en cada ranura de tiempo DTC. El SACCH se usa para transmitir mensajes de control no urgentes tales como información RSSI, mediciones MAHO y ciertos reconocimientos. El SACCH esta codificado convolucionalmente a $\frac{1}{2}$ velocidad, entrelazado entre múltiples ranuras de tiempo y tiene un CRC

El FACCH, o canal de control asociado rápido, se usa para enviar mensajes urgentes en lugar de datos de voz. Se trata de información muy importante y como tal, esta codificada convolucionalmente a $\frac{1}{4}$ de velocidad. Esto significa que por cada 1 bit de datos enviado al codificador, salen 4 bits (un enorme potencial de corrección de errores). El FACCH esta entrelazado y cuenta con su propio CRC de 16 bits para tratar de asegurar que la información se reciba con cero errores. El FACCH puede transmitir todo lo que puede transmitir el SACCH además de bastante mas información.

Ordenes de conexión y liberación, reconocimientos de alta prioridad y otros mensajes urgentes son transmitidos por el FACCH.

El DVCC (código de color para verificación digital) se usa como identificador único para la estación base, casi como se usa un tono SAT en los celulares analógicos. Ninguna de las estaciones base adyacentes pueden tener el mismo DVCC. Existen 255 DVCC diferentes disponibles para ser usados (0 no se usa). Lo que implica un número de 8 bits. El CDVCC (DVCC codificado) se transmite en cada trama, como se muestra en la Fig. 3.12 de ranura de tiempo TDMA. El número DVCC se codifica en código Hamming y se denomina CDVCC.

MOVIL A BASE



BASE A MOVIL

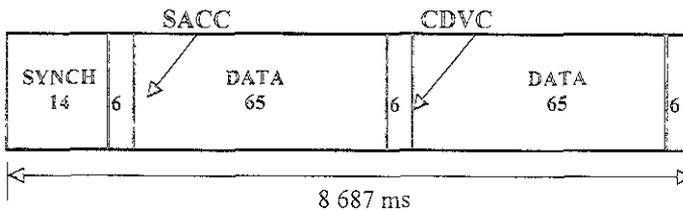


Fig. 3.12 Estructura TDMA.

3.7 VENTAJAS DE TDMA.

- TDMA Puede ser fácilmente adaptado para la transmisión de datos como la comunicación de voz
- TDMA ofrece la capacidad de transportar datos de 64 Kbps a 120 Mbps (expandible en múltiplos de 64 Kbps) esto permite ofrecer servicios como son: fax, datos, transmisión de mensajes cortos, multimedia y videoconferencia
- TDMA separa a los usuarios en tiempo, asegura que no haya interferencia de otra transmisión simultánea
- TDMA provee al usuario batería de larga duración en espera y en tiempo efectivo de conversación, debido a que solo transmite con una porción de tiempo (de 1/3 a 1/10) del tiempo efectivo de conservación.

3.8 DESVENTAJAS DE TDMA.

Una de las desventajas de TDMA es que cada usuario tiene preasignado una ranura de tiempo. Sin embargo, los usuarios de roaming de una célula a otra no son localizados en la ranura de tiempo. Si todas las ranuras de tiempo en la siguiente célula están ocupadas, una llamada puede ser desconectada. De esta forma si todas las ranuras de tiempo en la célula en la cual el usuario se encuentra ya está ocupada, el usuario no recibirá tono de marcado.

Otro problema con TDMA es que tiene distorsión por la multitrayectoria. Una señal llegando de una torre a un usuario puede llevar por varias direcciones. Y esto puede ocasionar interferencia, como se muestra en la Fig. 3 13.

INTERFERENCIA POR MULTITRAYECTORIA

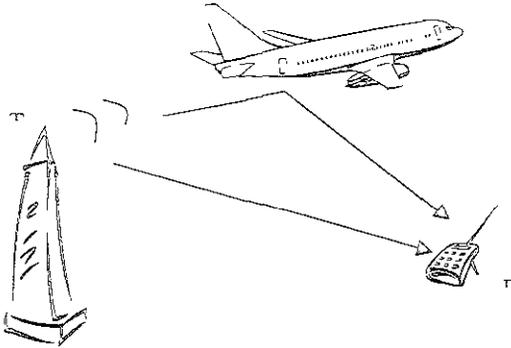


Fig. 3.13 Ejemplo de interferencia por multitrayectoria.

Una forma de evitar esta interferencia es asignando un tiempo limite en el sistema. El sistema será diseñado para recibir, tratar, y procesar una señal con un cierto limite de tiempo. Después de que el tiempo limite ha expirado, el sistema ignora las señales.

CAPITULO 4

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO
CDMA

4.0 INTRODUCCION.

CDMA (Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código) es una tecnología digital inalámbrica de las más modernas que ha permitido la generación nuevos productos y servicios de comunicación inalámbrica. Se basa en métodos de codificación digital y técnicas de radio frecuencias (RF) de spread spectrum (espectro amplio o disperso).

CDMA es una tecnología de " Amplio Espectro ", que significa que separa la información contenida en una señal determinada, terminando con una anchura de banda mucho mayor que la señal original permitiendo una mejor calidad de voz y más privacidad, capacidad y flexibilidad que otras tecnologías inalámbricas.

El Acceso múltiple por división de código (CDMA) es radicalmente un nuevo concepto en comunicaciones inalámbricas, y ha ganado una gran aceptación, dado que incrementa drásticamente la capacidad del sistema y la calidad del servicio, logrando que actualmente los ganadores de algún carrier se inclinen hacia él.

La técnica CDMA esta basada en la tecnología IS-95 que es particularmente una forma de la tecnología spread spectrum, que divide el radio espectro en canales de usuario por frecuencias o time slots. La tecnología spread spectrum separa los usuarios asignándoles códigos digitales dentro del mismo ancho de espectro. El principio del spread spectrum es usar ruido como portadoras o carriers (noise-like carrier waves), y por lo tanto los anchos de banda serán mayores que los requeridos por una simple comunicación punto a punto. Esta tecnología data de los años 40's, fue usada en sistemas de comunicaciones militares, por que estas señales spread spectrum eran inmunes a la interferencia del enemigo. En los 70's y 80's aumento el interés por aplicaciones comerciales de esta tecnología, principalmente en sistemas celulares. A finales de los 80's y principio de los 90's la compañía Qualcomm propuso y desarrollo un sistema CDMA. En 1993 el sistema desarrollado por Qualcomm fue modificado y adoptado por la TIA (Asociación Internacional de Telecomunicaciones) como estándar IS-95. Varios operadores de redes adoptaron el estándar CDMA, con el que planeaban adoptar la operación de modo dual con el analógico ambos en 800 y 1900 Mhz. En 1996 sistemas comerciales comenzaron a aparecer y a operar, en México fue hasta el año de 1998, dado a conocer por IUSACELL.

La meta más importante del diseño del CDMA fue hacer el espectro más eficiente con gran incremento en capacidad, privacidad y seguridad en la red. IS-95 incorpora un sistema de autenticación criptografica. Los mejores carriers que están usando CDMA son Air Touch, Bell Atlantic/Nymex GTE, Sprint PCS.

4.1 SPREAD SPECTRUM.

Los diseñadores en sistemas de comunicaciones frecuentemente están interesados en buscar como eficientar el ancho de banda y la señal energética en los sistemas. Dado que en los sistemas de comunicaciones estos son los asuntos más importantes.

Sin embargo existen situaciones en las cuales es necesario para el sistema resistir interferencias externas, operar en energías espectrales bajas, proveer capacidad de accesos múltiples sin control externos y suministrar seguridad al canal para que sea inaccesible para los piratas. La tecnología spread spectrum permite acoplar estos objetivos.

Inicialmente la tecnología spread spectrum fue desarrollada para propósitos militares y sus implementaciones eran sumamente costosas. Los avances en nuevas tecnologías tal como VLSI y técnicas de procesamiento de señales hizo posible desarrollar equipos spread spectrum a un menor costo para uso civil, algunas aplicaciones de las tecnologías incluyen la telefonía celular, la transmisión de datos inalámbrica y comunicaciones satelitales.

Todos los sistemas spread spectrum deben de satisfacer dos criterios:

a) El ancho de banda de la señal transmitida debe ser mayor que la señal transmitida.

Sistemas de spread spectrum comerciales transmiten señales RF con anchos de banda de 20 hasta 254 veces mas que la información a ser enviada, aunque algunos han empleado anchos de banda de hasta 1000 veces, principalmente en la milicia.

b) El ancho de banda transmitido debe ser determinado por alguna función que sea independiente del mensaje y conocida en el receptor.

La expansión del ancho de banda en los sistemas spread spectrum es alcanzada usando funciones que son independientes del mensaje, de este modo se es más sensible al ruido blanco a diferencia de otras técnicas de comunicación tales como FM y PCM.

Las técnicas spread spectrum tienen otras aplicaciones que la hacen única y útil como pueden ser:

- a) Rechazo a interferencias
- b) Capacidad de acceso múltiple
- c) Protección contra multi-path (multicaminos)
- d) Baja probabilidad de interferencia (LPI)
- e) Comunicaciones seguras
- f) Circunstancias especiales para eficientar el ancho de banda

Unos de los métodos para clasificar las técnicas spread spectrum que son usadas en la modulación. Algunas de las técnicas de modulación empleadas en spread spectrum son:

- a) Direct sequence (secuencia directa)
- b) Frecuencia hopping (salto en frecuencia)
- c) Time hopping (salto en tiempo)
- d) Chirp
- e) Métodos híbridos

4.2 CONCEPTOS GENERALES RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS SPREAD SPECTRUM.

Características básicas de un sistema spread spectrum:

- a) El carrier es imprevisible pseudoaleatorio, señal de banda ancha.
- b) El ancho de banda del carrier es mucho mayor que el ancho de banda de los datos modulados.
- c) La recepción es acompañada por un cross correlator en el receptor de la señal de banda ancha recibida con una sincronía generada de la replica del carrier de banda ancha.

En el caso de los sistemas spread spectrum SS, si una señal es llamada pseudoaleatoria, significa que aparenta ser aleatoria pero de hecho la información es contenida dentro de ella. Una de las características más importante de las señales SS es que contienen un número muy grande de formatos diferentes usados para comunicación de datos simbólicos. Esto significa que el receptor, el cual detecta estos formatos puede no detectar ningún otro formato dentro de un mensaje simple. El número de formatos usados en sistemas SS es llamado factor multiplicativo de enlace de comunicación. La mayoría de los sistemas de comunicación tienen un factor multiplicativo cercano a la unidad mientras que en los sistemas SS tienen un factor multiplicativo que anda por los miles.

De este modo que para poder interferir los sistemas SS se tienen que conocer exactamente los factores que se están usando, lo cual no es muy común considerar la medida del factor multiplicativo SS ó los intrusos tienen que reducir significativamente su potencia para cada formato de señal para interferir todos los formatos.

Los sistemas spread spectrum tienen por lo menos 5 atributos importantes, los cuales son debido a la naturaleza de sus características:

- 1) Baja probabilidad de interceptación (LPI). Puede ser lograda con ganancias de procesamiento grandes y señales de carrier impredecibles cuando la potencia es distribuida delgadamente y uniformemente en el dominio de la frecuencia, haciendo la detección contra el ruido y vigilando la dificultad que tiene el receptor.

- 2) Anti-interferencia. La capacidad puede ser asegurada con señal de carrier imprevisibles. El intruso no puede usar señales de observación para mejorar su calidad, en este caso debe depender sobre técnicas de interferencia las cuales son independientes de la señal a interferir.
- 3) Tiempos de resolución altos. Es logrado por la detección del correlator de señales de banda ancha. Las diferencia en los tiempos de arribo (TOA) de la señal de banda ancha sobre el orden de la reciprocidad del ancho de banda de la señal son detectables. Esta propiedad es usada para suprimir los multi-path.
- 4) Usando un par transmisor-receptor con diferentes carrier estos pueden operar en el mismo ancho de banda con un mínimo de interferencia entre co-canal. Estos sistemas son llamados spread spectrum CDMA.
- 5) Capacidad de criptografía. Resulta cuando el dato modulado no puede ser distinguido desde la modulación del carrier y la modulación del carrier es efectivamente aleatoria para un observador no deseado. En este caso la modulación del carrier SS toma el rol de la llave en el sistema cifra. Un sistema usando datos indisintos y modulaciones de carrier SS es una forma de privacidad.

Existen tres configuraciones básicas para recobrar el carrier spread spectrum:

- 1) El sistema de referencia transmitido (TR) logra la detección transmitiendo 2 versiones del carrier, una modulada por datos y otra sin modular. Estas dos señales entran a un correlator detector el cual extrae el mensaje.
- 2) El sistema de almacenamiento referenciado (SR), ambos transmisor y receptor mantienen una copia de las señales pseudo-aleatoria. El generador de carrier en el receptor es ajustado automáticamente su sincronización de salida con el carrier que entra. La detección es similar que en el sistema TR.
- 3) Filtros igualadores pueden ser usados para recibir señales SS. Los sistemas de filtrado producen una banda ancha, con un impulso pseudo-aleatorio. Los filtros igualadores con tal respuesta son usados en los receptores para recobrar la señal transmitida. Las características pseudo aleatorias de la respuesta a un impulso aseguran la seguridad de la señal transmitida.

Otra forma de clasificar los sistemas spread spectrum es por medio de las técnicas de modulación utilizadas para generar señales spread spectrum.

- 1) En los primeros desarrollos del SS, el ruido era usado como carrier, esta técnica dio grandes resultados pero solo debería ser acompañado por sistemas TR. Para un sistema que usa modulación antipodal su factor multiplicativo es:

Factor multiplicativo=2 (tiempo del bit)(ancho de banda del carrier)

- 2) Secuencia pseudoaleatoria tipo PSK fue empleada en los sistemas de secuencia directa (DS) para lograr la dispersión (spreading). Para modulación binaria PSK su factor multiplicativo es:

$$\text{Factor multiplicativo} = (\text{tiempo del bit})(\text{tiempo del chip})$$

Donde el tiempo del chip es el tiempo gastado en transmitir un símbolo a través del carrier con secuencias directas (DS).

- 3) Otra técnica fue los sistemas de frecuencias hopping (salto), donde se maneja un sintetizador de frecuencias con secuencias pseudoaleatorias de un número de intervalos en el rango del sintetizador para lograr la dispersión del carrier. Básicamente la forma de esta técnica, los datos están usualmente usando FSK sobre carrier disperso. Con datos binarios la modulación FSK es un bit por carrier saltado, siendo su factor:

$$\text{Factor multiplicativo} = (\text{tiempo del salto})(\text{rango de frecuencia})$$

- 4) El time hopping dispersa el carrier aleatoriamente esparciendolo en un pulso angosto transmitido y su factor es:

$$\text{Factor multiplicativo} = (\text{ancho del pulso})(\text{promedio del esparcimiento del pulso})$$

4.3 VENTAJAS DE CDMA.

BENEFICIOS A LOS USUARIOS.

Calidad excepcional de voz y comunicación. CDMA provee calidad superior de voz al utilizar técnicas de codificación digital innovadas, es por eso considerada virtualmente tan buena como la voz de línea alámbrica. También filtra los ruidos de fondo, cruces de llamadas, e interferencia, mejorando grandemente la privacidad y calidad de la llamada.

Menor consumo de energía. Los teléfonos de CDMA típicamente transmiten con fuentes de energía substancialmente menores que los teléfonos que utilizan otras tecnologías, resultando en una vida más larga para las pilas, lo que redundo en una mayor disponibilidad de tiempo para llamadas y tiempo de espera. Porque se utilizan pilas más pequeñas, los fabricantes pueden también fabricar teléfonos más pequeños y ligeros.

Menos llamadas interrumpidas. CDMA aumenta la capacidad del sistema, eliminando virtualmente señales de ocupado, cruces de llamadas, y llamadas interrumpidas que resultan de la congestión del sistema. Utilizando un sistema patentado de pasar llamadas entre celdas conocido como traslado de llamadas "soft handoff," CDMA también reduce significativamente la posibilidad de llamadas alteradas o interrumpidas durante el traslado de llamadas.

Más extensa cobertura. La señal de espectro amplio de CDMA provee mayor cobertura que otras tecnologías inalámbricas, tanto dentro de locales como al aire libre. CDMA también interacciona con otras formas de sistemas de telecomunicación, permitiendo amplias y fluidas coberturas y conexiones.

Seguridad y privacidad. Además de filtrar el cruce de llamadas y ruidos de fondo, las transmisiones de espectro amplio y codificadas digitalmente de CDMA son intrínsecamente resistentes a la intrusión. La codificación de voz de CDMA también evita la clonación y otros tipos de fraude.

Mejoras en los servicios. El canal de control digital de CDMA permite a los usuarios el acceso a una amplia gama de servicios que incluyen identificación del que llama, mensajes cortos y transmisión de datos. CDMA también permite la transmisión simultánea de voz y datos.

BENEFICIOS A LOS PROVEEDORES DE SERVICIO.

Mayor capacidad. CDMA provee de 10 a 20 veces la capacidad de las tecnologías análogas inalámbricas, y más de tres veces la capacidad de otras tecnologías digitales (TDMA, GSM); Lo que permite a los proveedores de servicios apoyar más suscriptores y en mayores volúmenes tráfico inalámbrico en una porción limitada del espectro de frecuencias de radio. Debido al rápido crecimiento del número de suscriptores del servicio inalámbrico y los minutos de uso, la capacidad es un problema crítico.

Cobertura más amplia. Con su alcance superior y las características de funcionamiento de su señal, CDMA mejora la cobertura al aire libre y bajo techo. Las redes CDMA requieren solamente una fracción de los asentamientos de celdas que necesitan otras tecnologías inalámbricas para cubrir un área dada. Con menos asentamientos de celdas, los proveedores de servicio pueden reducir su inversión inicial de capital así como también sus costos corrientes de operación y mantenimiento.

Flexibilidad. CDMA es la única tecnología inalámbrica que apoya con efectividad tanto los servicios fijos como móviles desde la misma plataforma, dando apoyo a dos fuentes de ingreso y a la vez permite a los proveedores de servicio el ofrecer a sus clientes un servicio fluido de "un solo teléfono." Las redes de CDMA también cuestan menos en diseño e ingeniería que otros tipos de sistemas inalámbricos, haciéndolos más fáciles de reconfigurar y expandir.

Implementación rápida. Los sistemas CDMA pueden ser implementados y expandidos más rápidamente y con mayor costo-efectividad que la mayoría de las redes de líneas alámbricas. Y porque requiere menos celdas y espacio de celdas, las redes CDMA pueden instalarse más rápidamente que cualquier otro tipo de red inalámbrica.

Interacción en las operaciones. CDMA interacciona con AMPS (Advanced Mobile Phone Service - Servicio Avanzado de Teléfono Móvil), que es la base de la mayoría de las redes de teléfonos celulares analógicos, con redes de teléfono IS-41 y se desarrolla la interacción con redes GSM/GPRS, que permiten amplia cobertura y conexión.

Calidad de servicio. La superior calidad de la voz en CDMA y mayores servicios que incluyen datos inalámbricos, dan a los proveedores de servicio una clara ventaja sobre la competencia para ganar y conservar clientes.

Selección. Con una amplia base de apoyo de fabricantes líderes en telecomunicaciones en el mundo entero y con un aumento de los ahorros de volumen, los proveedores de servicios pueden elegir entre una amplia gama de productos de CDMA avanzados y de costo competitivo.

Mejoras continuadas. Reconocida ya como la tecnología inalámbrica digital más avanzada, IS-95 CDMA está siendo mejorada más aún para apoyar nuevas características y servicios tales como la alta velocidad de datos.

4.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN SPREAD SPECTRUM.

Las teorías de Shannon, así como su ecuación de la capacidad del canal es la base de los sistemas spread spectrum, los cuales operan con bajos SNR, pero con anchos de banda grandes en orden para mejorar o tener una capacidad aceptable.

$$C = W \log_2(1 + \text{SNR})$$

C = Capacidad (bps)

W = Ancho de banda (Hz)

S = Potencia de la señal

N = Potencia del ruido

Las modulaciones más comunes en los sistemas spread spectrum son los Direct Sequence (secuencia directa) y los Frequency hopping (saltos de frecuencia), aunque algunas veces una combinación de ambas llamadas híbridas. Actualmente la modulación time hopping no se encuentra en aplicaciones comerciales. La llegada de RAM y microcontrolares más veloces y económicos, harán que los sistemas time hopping sean más viables para los sistemas spread spectrum del futuro.

MODULACIÓN DIRECT SEQUENCE.

En esta técnica la señal de información es inherente de banda angosta sobre el orden de 10 KHz. La energía de esta señal angosta es dispersa sobre un ancho de banda mayor multiplicando la señal de información por código de banda ancha. Son llamados así por que emplean una secuencia de códigos de alta velocidad junto con la información básica que se está enviando, modulando el carrier de RF. La secuencia de códigos de alta velocidad es usada directamente para modular el carrier, de este modo directamente se coloca el ancho de banda del RF transmitido, secuencias de códigos cortos 11 bits y tan largos como $2^{89} - 1$ son empleados para este propósito. El resultado de modular un carrier RF con una secuencia de códigos, es producir una señal centrada en la frecuencia del carrier. Dicha señal es el espectro modulado de una secuencia directa con un espectro de la forma $(\text{sen } x/x)^2$, el lóbulo principal tiene un ancho de banda 2 veces mayor que su tasa de reloj, y los lóbulos laterales tienen un ancho de banda igual a la tasa del reloj de los códigos.

Las Fig. 4.1 nos muestran el amplio ancho de banda de las señales spread spectrum:

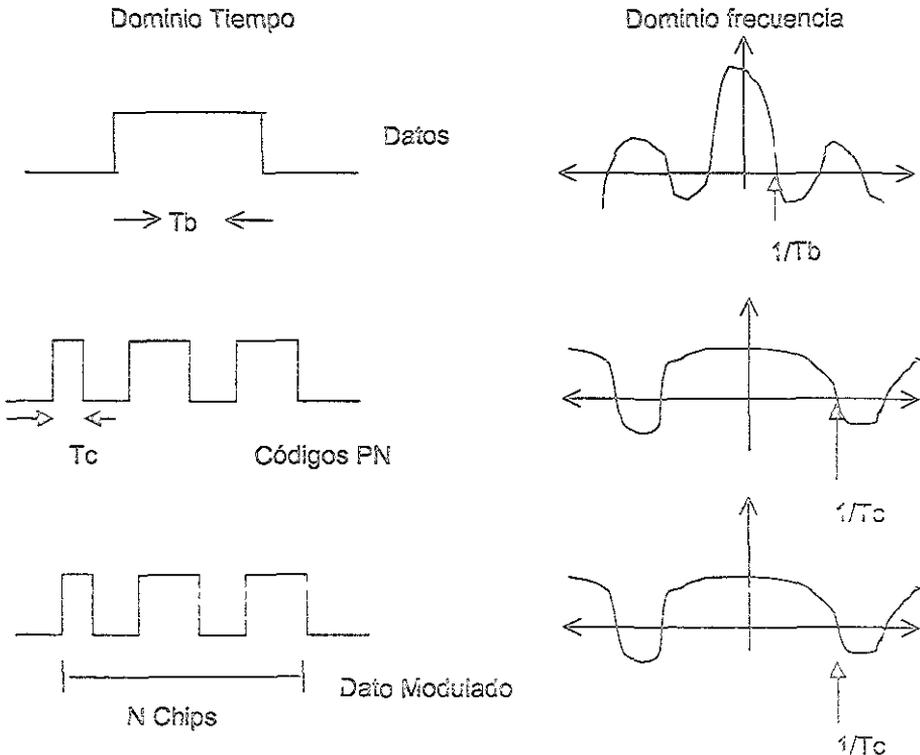


Fig. 4.1 Ejemplo de comportamiento de una señal Direct Sequence SS.

El pulso cuadrado de duración T_b representa la parte de la señal binaria, su transformada de Fourier nos da valores ceros en $1/T_b$. Esta señal es multiplicada por una secuencia PN con un pulso de duración angosto T_c y sus ceros en el dominio de la frecuencia son en $1/T_c$, por lo que podemos ver que la señal SS tiene de hecho un ancho de banda mayor que el mensaje transmitido. Los incrementos del tiempo en la secuencia PN es T_c y es conocido como chip time.

En este ejemplo el factor multiplicativo es $N = T_b T_c$.

Los generadores de códigos PN son periódicos puesto que ellos producen repeticiones de estos después de cierto tiempo.

La señal de información que es transmitida por DS SS es dispersa en la banda, para después pasar a una segunda etapa donde se modula. Como se muestra en la Fig. 4.2

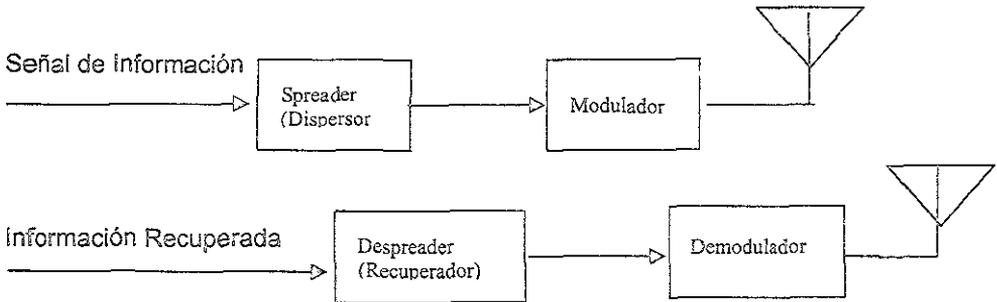


Fig. 4.2 Diagrama de bloques de un sistema Direct Sequence SS.

Un transmisor de este tipo se compone de un generador PN, un sumador binario y un modulador balanceado. La salida binaria del generador PN es sumada al mensaje binario y entonces la suma es usada para modular el carrier.

La modulación puede ser con 2 fases, tal que la salida puede ser del tipo PSK como se muestra en la Fig. 4.3.

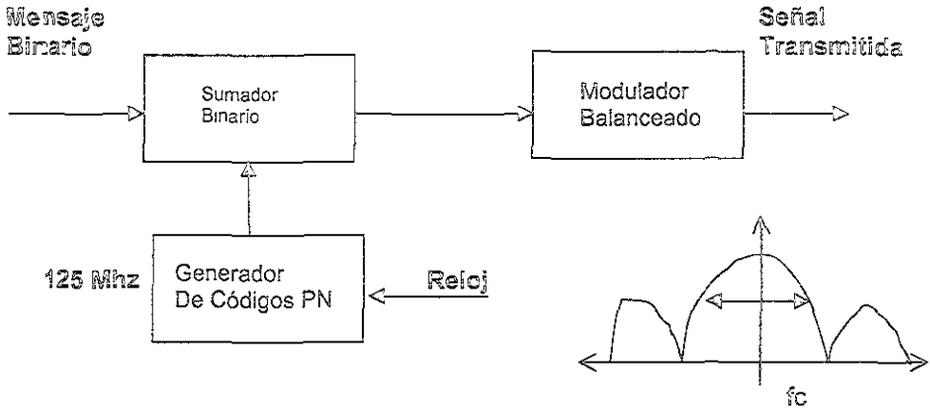


Fig. 4.3 Diagrama de un transmisor de Direct Sequence.

Una de las más importantes características de los sistemas DS SS es su habilidad para resistir intrusos e interferencias, y uno de los parámetros que es útil en especificar la calidad de la señal SS en la presencia de interferencia es el conocido como ganancia de procesamiento, y es definida como la relación del ancho de banda de la señal.

$$PG = B_s / B_m = 2T_m / T_1$$

Donde : B_m es el ancho de banda del mensaje $1 / T_m$

B_s es el ancho de banda de la señal

T_m es la duración del bit del mensaje

T_1 es la duración del chip

Los sistemas DS-SS tienen la habilidad para reducir los efectos de interferencia sobre el mensaje transmitido, como lo muestra la sig. Formula.

$$J_o = j / PG$$

Donde la j es la potencia de interferencia y PG la ganancia de procesamiento

Los procesamiento de ganancia típicos comerciales van desde 11 – 16db dependiendo de su tasa de datos y pueden tolerar niveles de interferencia de 0 – 5db más fuertes que la señal deseada.

Notando que la interferencia es reducida en un factor igual al procesamiento de ganancia, lo que significa que el transmisor puede pelear con interferencia intencional o no intencional solamente ajustando la longitud de la secuencia PN.

MODULACIÓN FREQUENCY HOPPED

En los sistemas de modulación Frequency hopping (salto de frecuencia) (FH), la frecuencia es constante en el tiempo del chip, en cambio esta cambia de chip a chip.

Los sistemas frequency hopping pueden ser divididos fast hop y low hop. Un sistema fast hop FH es cuando la tasa de hop es mayor que la tasa de bits del mensaje y en los sistemas low hop, la tasa hop es menor que la tasa de bits del mensaje.

En los sistemas la frecuencia salta (hop) a otra sobre un ancho de banda. El orden específico en el cual las frecuencias son ocupadas, es una función de la secuencia de códigos y la velocidad de salto de frecuencia es otra función de la tasa de información.

La FCC autoriza los sig. Requerimientos para la modulación Frequency hopping:

- El ancho de banda es limitado a 500 KHz (a 900MHz) y 1 MHz (a 2.4Ghz)
- El transmisor no puede transmitir en un frecuencia mas de 400ms cada 20 segundos (900MHz) o 30 segundos (2.4Ghz). Los sistemas típicos usan 100 ms.
- Las frecuencias de salto (hop) deben incluir al menos 50 frecuencias (900MHz) o 75 frecuencias a (2.4Ghz).

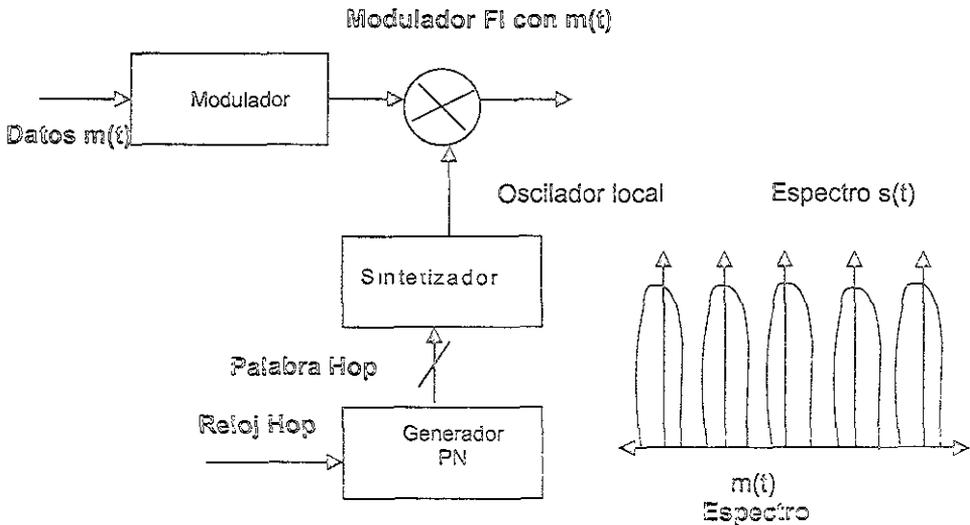


Fig. 4.4 Espectro de sistema Frequency Hopped.

Repetir:

- Derecha
- Abajo
- Invertir (diagonalmente)

CÓDIGOS WALSH.

Las secuencias ortogonales usadas en sistemas celulares CDMA y PCS CDMA son los códigos Walsh de longitud de 64. Los códigos Walsh son usados en enlaces CDMA hacia delante para separar usuarios. En un sector dado, cada código de canal hacia adelante es asignado con código Walsh distinto. En los enlaces CDMA hacia atrás los códigos Walsh de longitud 64 son usados como señalización colocados por un modulador ortogonal de banda base.

Dispersión (spreading) Ortogonal.

El principal comportamiento de la spread (dispersión) y despreading es cuando un símbolo es Xor con patrón conocido y el resultado es de nuevo aplicado un Xor con el mismo patrón, por lo que el símbolo enviado es recuperado. En otras palabras el efecto de la operación Xor si se ejecuta dos veces usando el mismo código se anula. En la dispersión ortogonal cada símbolo a codificar se le aplica la operación Xor con todos los 64 chips del código Walsh 59 que tiene chip para representar el símbolo.

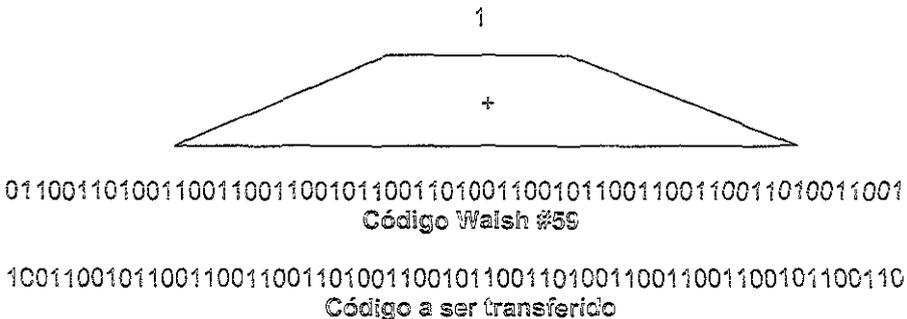


Fig. 4.5 Ejemplo de canalización.

Codificación Ortogonal.

Dispersando cada símbolo aplicando Xor con todos los chips de la secuencia ortogonal (secuencia Walsh) asignados a los usuarios. El resultado de la secuencia es procesado y entonces transmitido sobre canales físicos.

En la Fig. 4.6 un código de 4 dígitos es usado. El producto del uso de símbolos y códigos dispersos es una secuencia de dígitos que deberá ser transmitido a una tasa de 4 veces la señal binaria original. Ver Fig. 4.6

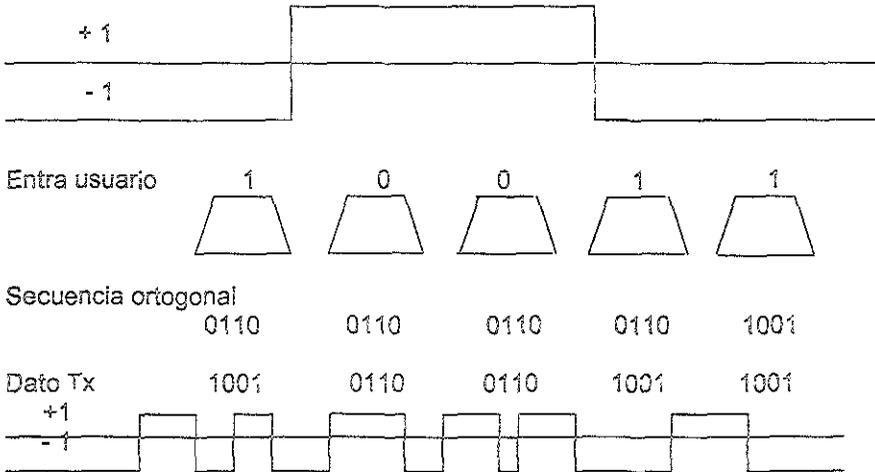


Fig. 4.6 Muestra una spreading (dispersión) ortogonal.

DECODIFICACIÓN ORTOGONAL USANDO UN CÓDIGO ORTOGONAL COMO CORRELATOR.

En el receptor se recupera (despreading) los chips usando los mismos códigos Walsh usados en el transmisor. Notar que bajo condiciones de no-ruido el símbolo o dígito es recuperado sin ningún error, en realidad el canal esta libre de error, pero las técnicas que emplea CDMA llamadas técnicas de corrección hacia delante (FEC) combaten los efectos del ruido logrando mejorar la calidad del sistema. Ver Fig. 4.7

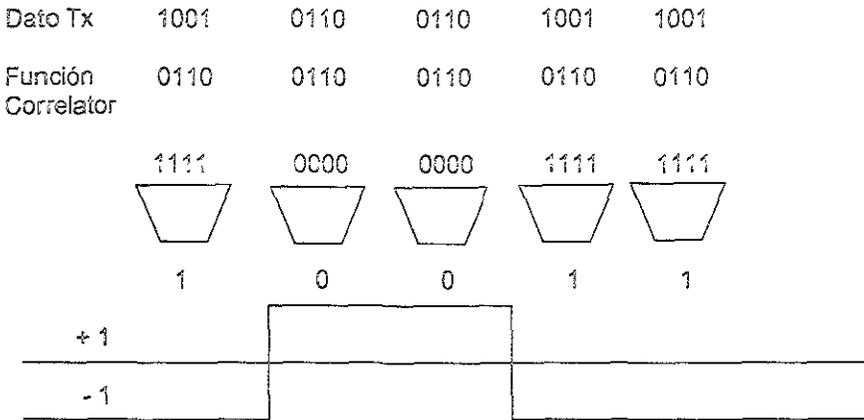


Fig. 4.7 Muestra la decodificación usando correlator de código ortogonal
Decodificación usando un código ortogonal incorrecto.

Cuando una secuencia es usada para desprendiendo (decodificar), el resultado promedio de la correlación es cero. Esta es una demostración limpia de las ventajas de las propiedades ortogonales de los códigos Walsh. Si existe en el receptor un error, dado que no tiene el código adecuado la señal en el receptor tendrá siempre una correlación igual a cero, ver Fig. 4.8.

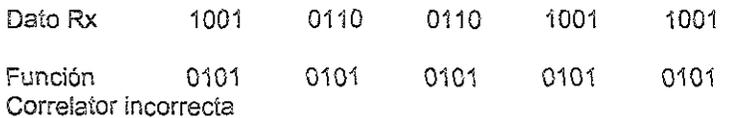


Fig. 4.8 Muestra una correlación con una función ortogonal errónea.

CÓDIGOS PN (SEUDORANDOM NOISE).

Los códigos PN son códigos determinísticos que imitan propiedades aleatorias. El estado de los códigos se parecen al resultado de tirar una moneda donde los lados son 1 ó 0, ó águila y sol. Sin embargo el estado actual y el generador de códigos PN si son conocidos, el futuro estado del código puede ser predecido.

Los códigos cortos PN y los códigos largos usados en CDMA tienen tiempo de sincronización del 6 de enero de 1980 (tiempo GPS). En CDMA todas las bases y todos los móviles usan la misma secuencia de 3 códigos PN.

Los códigos cortos PN tienen las sig. Características:

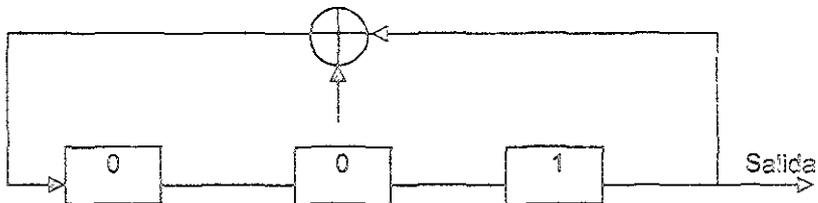
- Tienen una cantidad de 32,768 códigos diferentes
- Se repiten todos cada 26.7 ms (a una velocidad de 1.228 Mcps)
- Se utilizan como identificadores de celdas o sectores.

Los códigos largos tienen las sig. características:

- Tienen una gran cantidad de códigos 4400 Billones
- Se repiten todos cada 41 días (a una velocidad de 1.2288 Mcps).

Generación de códigos PN.

Los códigos PN son generados por polinomios primos usando la aritmética de módulo 2. El generador de códigos es muy sencillo, y consiste de registros de cambio y compuertas Xor.



- La semilla del registro empieza con 001
- La salida será una secuencia de 7 dígitos que se repiten continuamente: 1001011

La longitud máxima de los códigos, está dada por el N números de registros de corrimiento, y su longitud del código PN es dad por $2^N - 1$.

4.6 ENMASCARAMIENTO (MASKING).

El enmascaramiento provee variaciones en el tiempo en los códigos PN. Diferentes enmascaramiento corresponde a diferentes variaciones en tiempo, como se muestra en la Fig. 4.9. En CDMA, el número serial electrónico (ESN) es usado como enmascaramiento para los usuarios en canales de tráfico.

EL ENMASCARAMIENTO CAUSA QUE EL GENERADOR PRODUZCA LA MISMA SECUENCIA, PERO CON OFFSET EN EL TIEMPO.

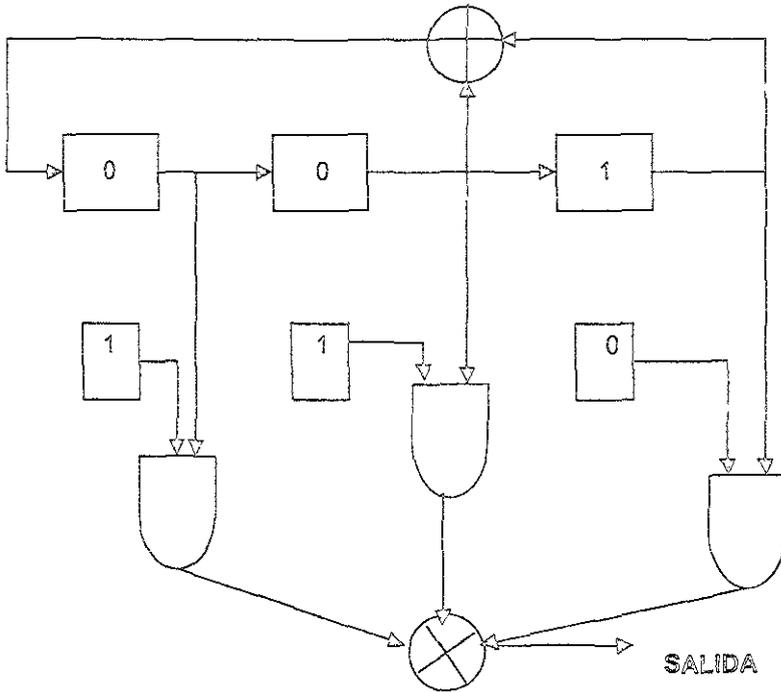


Fig. 4.9 PN offset (masking)

4.7 Distribución del espectro en Telefonía CDMA.

Una analogía sobre el concepto de CDMA es la situación que se da en una fiesta, donde todos los asistentes (suscriptores) están hablando en el mismo cuarto. Imaginando que todas las conversaciones se están dando en diferentes idiomas, de manera que no se entiende nada. Dichas conversaciones que llegan son consideradas por el receptor como ruido dado que no las entiende desde su perspectiva. Si tuviera el código del idioma apropiado podría filtrar las conversaciones que no desea y solo escuchar la conversación de interés.

Un sistema CDMA filtra el tráfico en una forma muy similar. Aunque con el conocimiento del idioma apropiado, la conversación de interés no puede ser completamente audible, por lo tanto la persona que desea escuchar la conversación tendrá que señalar al locutor que hable más fuerte y a las otras personas que hablen más suave. Un sistema CDMA usa esta similitud para controlar la potencia.

4.8 Distribución de Celulares CDMA.

La FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) distribuyó el espectro celular para ser usado por operadores de la siguiente forma:

- El espectro es dividido en canales que están separados 30 KHz.
- Los 30 KHz son el requerimiento analógico para soportar un suscriptor usando FM.
- Cada canal CDMA está aproximadamente a 1.25 Mhz.
- Los canales CDMA no presentan bandas de seguridad entre canales adyacentes.
- Las bandas de seguridad dentro del CDMA solo se establecen, entre un sistema CDMA y otro sistema.
- Las frecuencias empleadas para CDMA son la banda celular de los 800 Mhz y la banda PPCS de 1800 Mhz.
- El espectro PCS es dividido en 6 bloques de 5 ó 15 Mhz.

La FCC audicionó para vender estas licencias para transmitir en estas localidades, los proveedores de servicios han gastado muchos millones de dólares para comprar estas licencias.

A continuación se muestran las Tablas 4.1 y 4.2 que muestran la Distribución del Espectro en la banda Celular y en la banda PCS, así como las Fig. 4.10 y 4.11 de un canal en específico para cada banda.

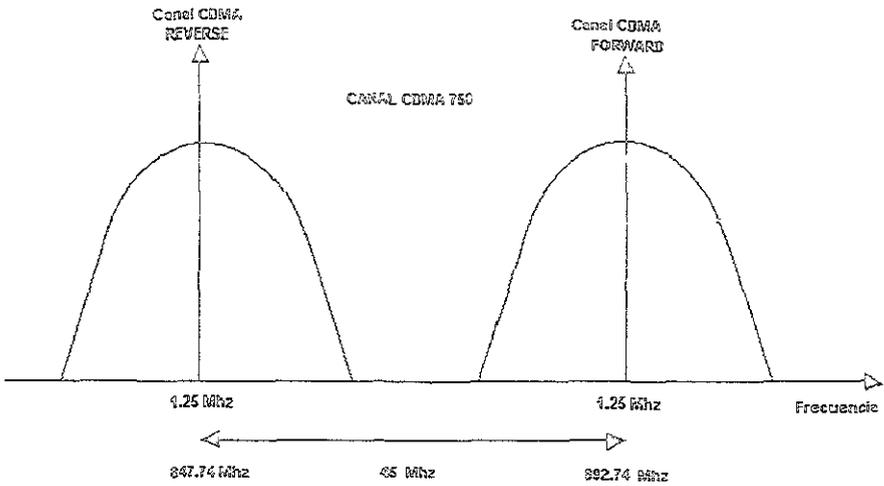


Fig. 4.10 Canal Celular CDMA en la banda Celular.

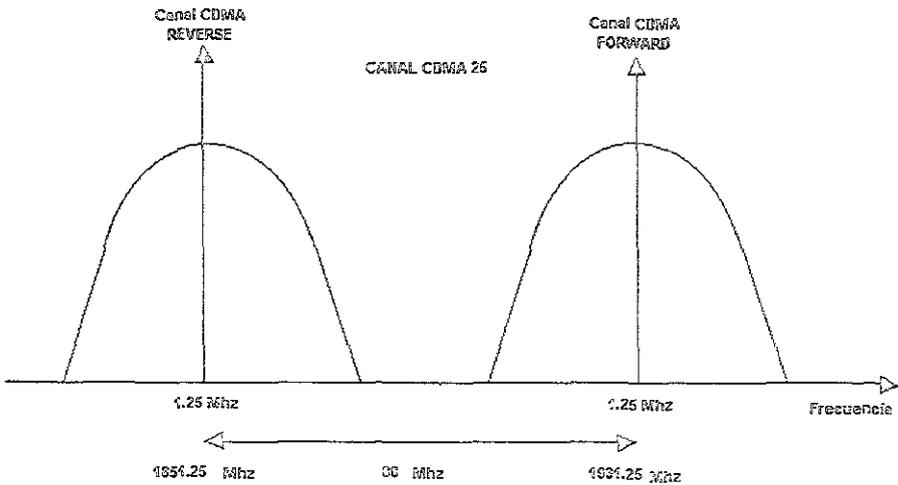


Fig. 4.11 Canal Celular CDMA en la banda PCS.

SISTEMA	ASIGNACIÓN DE FRECUENCIA	NÚMERO DE CANALES ANALÓGICOS	NÚMERO DE CANAL CDMA	ASIGNACIÓN DE FRECUENCIA (Mhz)	
				MOVILES	BASE
A'' (1Mhz)	////////////////	22	991	824.400	869.040
				824.670	869.670
	CDMA	11	1013	824.700	869.700
				1023	825.000
A (10 Mhz)	CDMA	311	1	825.030	870.030
				311	834.330
	////////////////	22	312	834.360	879.360
				333	834.990
B (10 Mhz)	////////////////	22	334	835.020	880.020
				355	835.650
	CDMA	289	356	835.680	880.680
				644	844.320
	////////////////	22	645	844.350	889.350
				666	844.980
A' (1.5 Mhz)	////////////////	22	667	844.350	889.350
				688	844.980
	CDMA	6	689	845.670	890.670
				694	845.820
	////////////////	22	695	845.850	890.850
716				846.480	891.480
B' (2.5 Mhz)	////////////////	22	717	846.510	891.510
				738	847.140
	CDMA	39	739	847.170	892.170
				777	848.310
	////////////////	22	778	848.340	893.340
799				848.970	893.970

Tabla 4.1 Tabla de distribución del espectro de las bandas Celulares.

BLOQUES	ASIGNACION DE FRECUENCIA	NUMERO DE CANAL CDMA	BANDA DE FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN (Mhz)	
			ESTACIÓN PERSONAL	ESTACIÓN BASE
A (15 Mhz)	NO VALIDO	0 - 24	1850.000	1930
	VALIDO	25 - 275	1851.200	1931.2
	NO VALIDO	276 - 299	1851.25	1931.25
			1863.75	1943.75
			1863.8	1943.8
			1864.95	1944.95
D (5 Mhz)	COND.VALIDO	300 - 324	1865	1945
	VALIDO	325 - 375	1866.2	1946.2
	COND.VALIDO	376 - 399	1866.25	1946.25
			1868.75	1948.75
			1868.8	1948.8
			1868.95	1949.95
E (15 Mhz)	COND.VALIDO	400 - 424	1870	1950
	VALIDO	425 - 675	1871.2	1951.2
	COND.VALIDO	676 - 699	1871.25	1951.25
			1883.75	1963.75
			1883.8	1963.8
			1884.95	1964.95
E (5 M Mhz)	COND.VALIDO	700 - 724	1885	1965
	VALIDO	725 - 775	1886.2	1966.2
	COND.VALIDO	776 - 799	1886.25	1966.25
			1888.75	1968.75
			1888.8	1968.8
			1889.95	1969.95
F (5 Mhz)	COND.VALIDO	800 - 824	1890	1970
	VALIDO	825 - 875	1891.2	1971.2
	COND.VALIDO	876 - 899	1891.25	1971.25
			1893.75	1973.75
			1893.8	1973.8
			1894.95	1974.95
C (15 Mhz)		900 - 924	1895	1975
		925 - 1175	1896.2	1976.2
		1176 - 1199	1896.25	1976.25
			1908.75	1988.75
			1988.8	1988.8
			1909.95	1989.95

Tabla. 4. 2 Tabla de distribución de la banda PCS.

4.9 CANALES CDMA EN LA BANDA CELULAR.

En la banda celular, un canal CDMA es un par de frecuencias separadas 45 Mhz. En la Tabla 4.1 , se ilustra el canal 758 que consiste de un canal Reverse CDMA centrado en 847.74 Mhz y un canal Forward CDMA centrado en 892.74 Mhz.

4.10 CANALES CDMA EN LA BANDA PCS.

En la banda PCS, un canal CDMA es un par de frecuencias separadas 80 Mhz. En la Tabla 4.2 , se ilustra un canal CDMA Reverse 25 que tiene una frecuencia central centrado en 1851.25 Mhz y un canal CDMA Forward centrado en 1931.25 Mhz.

4.11 ESTÁNDARES QUE DEFINEN LA TELEFONÍA CELULAR CDMA.

Las técnicas de spread spectrum (espectro disperso) son también útiles en aplicaciones comerciales, aunque la motivación por aplicarlas es reciente.

El uso más importante de estas técnicas de espectro disperso en el mundo comercial es en la comunicación de multiusuarios. La señal dispersa de multiusuarios con una forma de onda única distribuida puede permitir el acceso a un usuario de manera simultánea para compartir el canal de comunicación. Esta técnica es llamada CDMA y forma las bases de los estándares IS-95 A y ANSI J-STD 008.

Estándar IS-95 A (Normas para la compatibilidad de una estación base y una estación móvil de los sistemas celulares de espectro disperso de banda ancha dual).

Los requerimientos técnicos especificados en IS-95 A define una compatibilidad estándar para telecomunicaciones celular móvil de espectro disperso de banda ancha. Ellos aseguran que una estación móvil puede obtener un servicio en algún sistema manufacturado de acuerdo a su estándar IS-95 A.

IS-95 A no garantiza la calidad y fiabilidad del sistema, adicionalmente muchas áreas de operación no están completamente especificadas, si ellas no impactan la compatibilidad. Para asegurar la compatibilidad, ambas interfaces de radio y protocolos de llamada son especificados. La estación base esta sujeta a unos cuantos requerimientos de compatibilidad con las estaciones suscriptoras.

IS-95 A describe la generación de canales, de control de potencia, procesamiento de llamada, handoffs y técnicas de registros para una operación del sistema celular.

Adicionalmente especifica el TSB74, que ha sido publicado y describe la interacción entre los sistemas IS-95 A y los sistemas PCS CDMA que conforma el ANSI J-STD-008.

Además describe los siguientes requerimientos:

- o Requerimientos para una estación móvil: Analógica y CDMA
- o Requerimientos para una estación base: Analógica y CDMA
- o Requerimientos para una estación base analógica opcional
- o Encriptación del mensaje y privacidad de voz
- o Flujo de una llamada CDMA
- o Capas en un sistema CDMA
- o Constantes CDMA
- o Base de datos para una estación móvil

Estándar J STD-008 (Estándares de compatibilidad para una estación base y una estación personal en 1.8 a 2.0 Ghz en un sistema PCS CDMA).

Las especificaciones J STD-008 definen una compatibilidad estándar para 1.8 a 2.0 Ghz en los sistemas de comunicación personal CDMA. La especificación no direcciona la calidad ó fiabilidad del servicio.

Las especificaciones son sustancialmente las mismas definidas en IS-95 A mejorando en señalización y en la inclusión del formato Rate 2 son algunas de las variantes. Las especificaciones incluyen adicionar futuros servicios y extensión de la capacidad del sistema.

Además describe los siguientes requerimientos:

- o Requerimientos para la operación PCS
- o Requerimientos de operación de una estación base CDMA
- o Flujo de llamada CDMA
- o Protocolos
- o Base de datos de una estación personal

4.12 ESTRUCTURA Y GENERACIÓN DE UN CANAL CDMA.

La señal CDMA es generada dispersando los símbolos mediante una secuencia de códigos de banda ancha a una velocidad ó tasa de transmisión de 1.2288 Mcps.

La distribución de la señal de información provee un sustancial procesamiento de ganancia. La ganancia dispersa puede ser definida como la razón de la tasa de dispersión a la tasa de información.

4.13 CANALES DE ENLACE FORWARD (MÓVIL – BASE).

Un canal forward hacia delante es la comunicación de una celda a un móvil. Los códigos para los canales forward son asignados usando códigos Walsh.

Estos llevan tráfico, señales piloto e información de encabezado. Los canales piloto y de encabezado estabilizan el reloj del sistema e identifican una estación. Los códigos Walsh 0, 1-7, 32 son reservados para señales piloto, paging y canales de sincronía respectivamente. El resto son usados para asignar canales de tráfico. Como se muestra en la Fig. 4.12 y 4.13

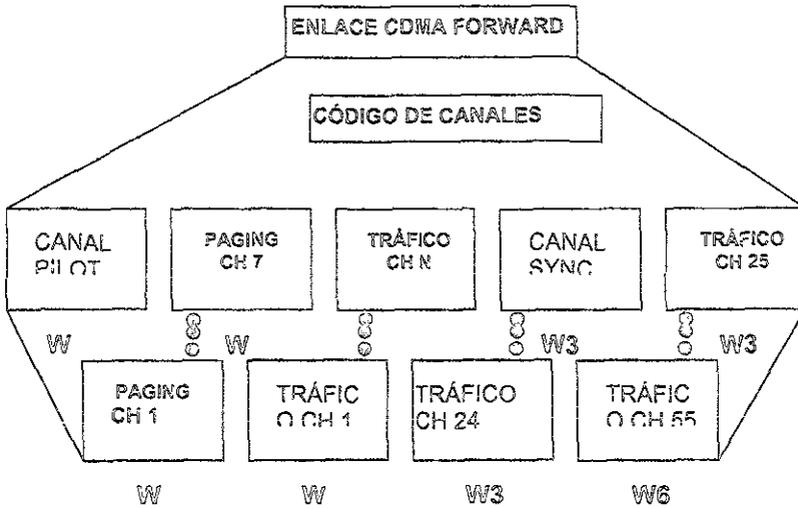


Fig. 4.12 Canal de Enlace Forward.

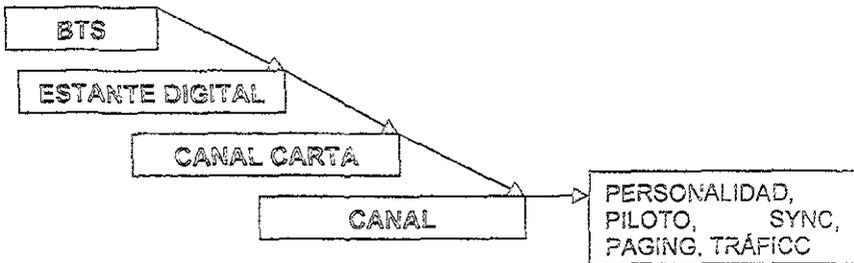


Fig. 4.13 Separación de un canal forward.

CANAL	SYNC	PAGING		TRÁFICO				
VELOCIDAD DE DATOS	1200	4800	9600	1200	2400	4800	9600	bps
REPETICIÓN DE CÓDIGOS	2	2	1	8	4	2	1	
TASA DE MODUL / SÍMBOLO	4800	19200	19200	19200	19200	19200	19200	cps
PN CHIPS / SÍMB MODUL	256	64	64	64	64	64	64	
PN CHIPS / BIT	1024	256	128	1024	512	256	128	

Tabla 4.3 Parámetros de canales en enlaces forward (hacia adelante).
Tasa 1, según la IS - 95.

CANAL	TRÁFICO				
VELOCIDAD DE DATOS	1800	3600	7200	14400	bps
REPETICIÓN DE CÓDIGOS	8	4	2	1	
TASA DE MODUL/SÍMBOLO	19200	19200	19200	19200	cps
PN CHIPS / SÍMBOLO MODUL	64	64	64	64	
PN CHIP / BIT	682.67	341.33	170.67	85.33	

Tabla 4.4 Parámetros de canales en enlaces forward (hacia adelante).
Tasa 2, según la IS - 95.

4.14 CANAL PILOTO.

El código cero Walsh es reservado para el canal piloto, cada frecuencia CDMA debe tener un canal piloto asociado con él. Las señales pilotos actúan como una guía para notificar a los usuarios de la existencia de una estación base CDMA. La señal piloto no contienen mensajes sin embargo ellas son usadas como referencia de demodulación por el móvil, y este es un código corto. Finalmente usan los canales piloto para comparar la potencia de la señal, el cual es esencial para el proceso handoff.

Las amplitudes de la señal piloto y su distribución espacial deben ser cuidadosamente controlada por que sus amplitudes controlan los límites handoff entre estaciones.

- Todas las estaciones usan el mismo código y de esa manera tiene la misma forma de la señal piloto.
Todas ellas son distinguidas de otras, solo por la fase de la señal piloto. Los períodos cortos de los códigos cortos 2^{15} , facilitan la investigación de los móviles más rápido.
- La interfaz que estipula las fases de la señal piloto siempre deben ser asignados, a las estaciones en múltiplos de 64 chips, dando un total de $2^{15-6} = 512$ posibles asignamientos.
- El pilot offset es un número de 9 bits que identifica la fase piloto asignada.

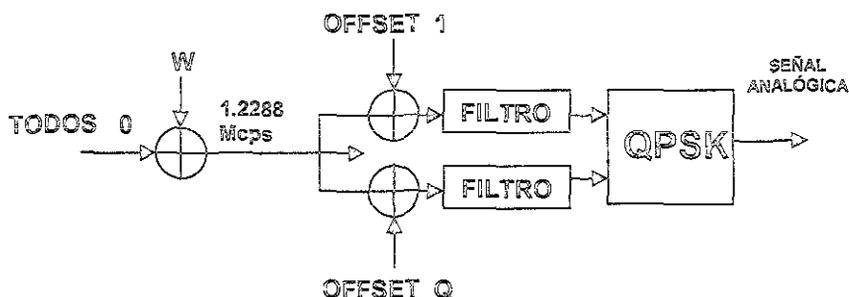


Fig. 4.14 Generación de una señal piloto.

4.15 CANAL DE SINCRONÍA.

El canal de sincronía lleva mensaje repetitivo que identifica la estación y la fase absoluta de la secuencia piloto. Los móviles deben adquirir el canal de sincronía y decodificar su mensaje en orden para sincronizarse con el sistema. El mensaje de sincronía es esparcido con el código Walsh 32 y transmitido continuamente.

El mensaje de sincronía incluye la siguiente información:

- Offset piloto PN
- Tiempo del sistema
- Estado del código largo PN
- ID del sistema
- ID de la red
- Tasa de datos del canal paging

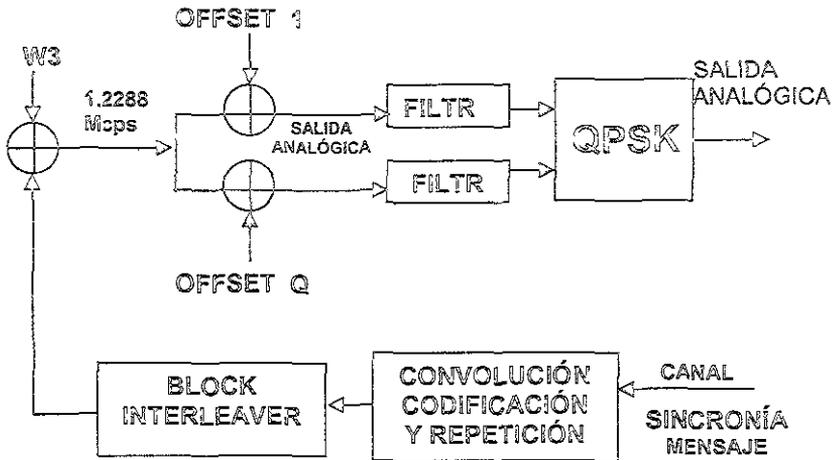


Fig. 4.15 Generación de un canal de sincronía.

4.16 CANAL PAGING.

El canal paging es usado por los sistemas CDMA para transmitir encabezados y mensajes paging, además el vehículo para comunicarse con las estaciones móviles, cuando estas no están asignadas a canales de tráfico. Su nombre indica su propósito principal es llevar paginas, ya que estas notifican las llamadas que llegan y deben ser asignadas a las estaciones móviles.

Una estación debe tener al menos un canal paging por sector, sobre una de las frecuencias en uso. Todos los canales paging pueden ser hechos sobre una frecuencia ó pueden ser distribuidos en múltiples frecuencias.

Un canal paging transmite los siguientes mensajes:

- Mensaje de los parámetros del sistema
- Lista de vecinos
- Mensajes de los parámetros de acceso
- Lista de mensajes de canales CDMA
- Mensajes de servicios redireccionables globales

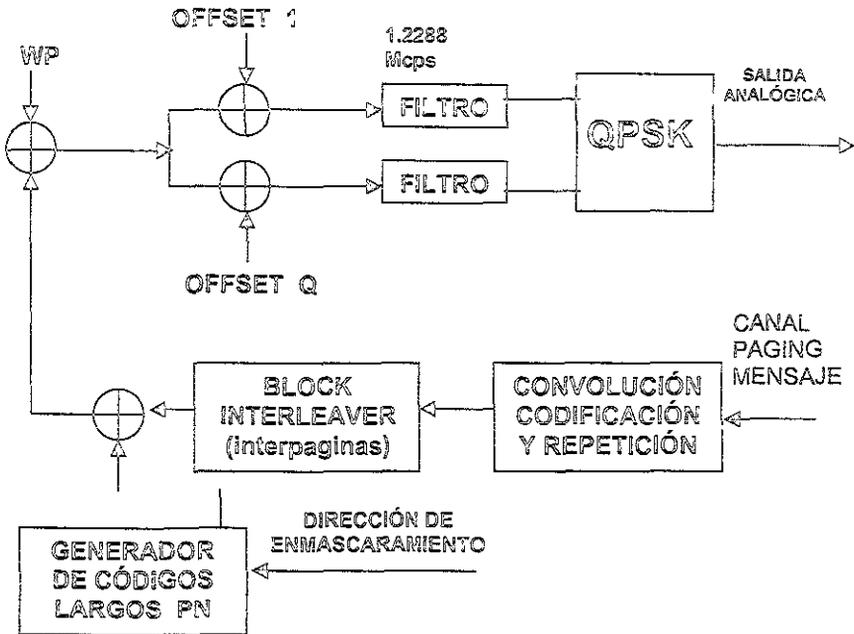


Fig. 4.16 Generación de un canal paging.

4.17 CANAL DE TRÁFICO FORWARD (BASE – MÓVIL).

Los canales de tráfico forward son usados para transmitir información de tráfico y señalización. Los canales son separados por sus códigos Walsh asignados. Una vez que se les asigna un código Walsh en una celda ó sector, el código Walsh no puede ser asignado a otro móvil en la celda, durante la duración de la llamada. Los canales de tráfico son asignados dinámicamente en respuesta en una estación móvil, la estación móvil es informada vía un mensaje en el canal paging informando en cual canal recibirá la llamada. Los canales de tráfico llevan los datos en frames de 20 ms. Los frames de altas tasas de velocidad del set 1 y todos los del set 2 incluyen CRC.

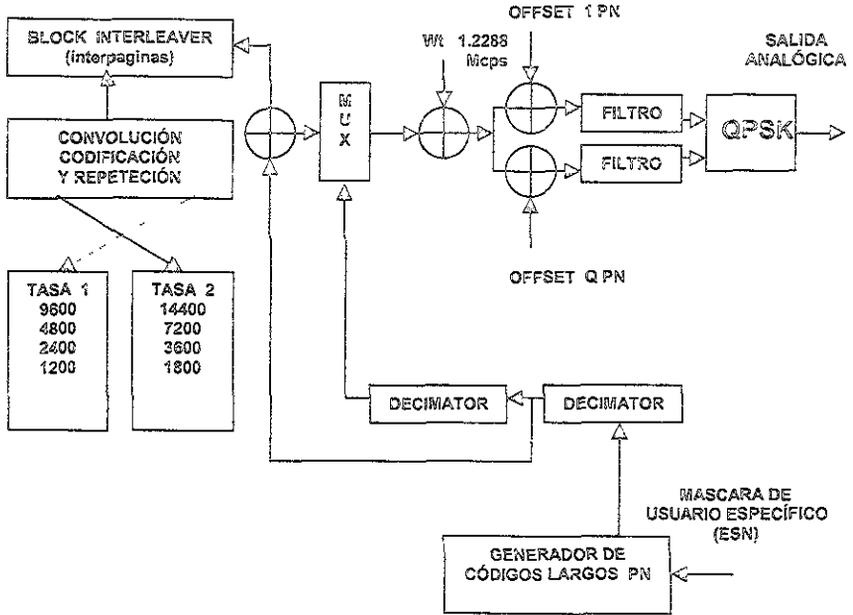


Fig. 4.17 Generación de canales de tráfico.

4.18 CANALES DE ENLACE REVERSE (MÓVIL - BASE).

Los canales CDMA reverse es la comunicación del móvil con la celda. Este carrier lleva información de tráfico y señalización. Un canal reverse es activado solo durante llamadas asociadas a la estación móvii ó cuando el canal de señalización de acceso toma una estación base.

Los canales reverse CDMA son totalmente diferentes de los canales forward, la diferencia es principalmente con los requerimientos de control de potencia y la naturaleza no coherente de los canales reverse. Los canales reverse son identificados por las variaciones únicas de los códigos largos PN. Los suscriptores en la dirección móvil - base son canalizados usando la variación única de los códigos PN largos.

Hay dos tipos de canales en el enlace reverse:

1. De tráfico
2. De acceso

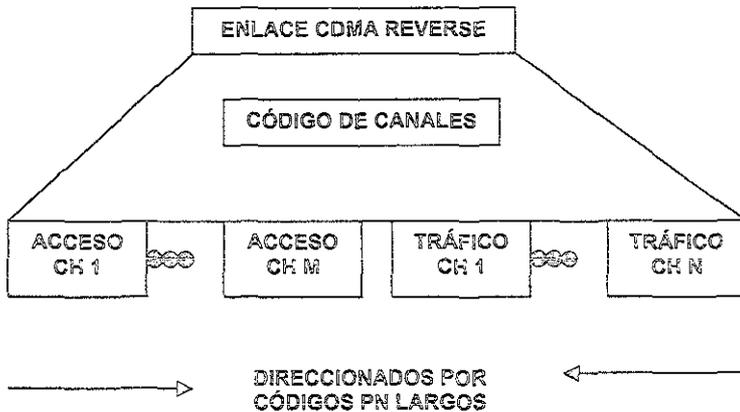


Fig. 4.18 Separación de los canales Reverse.

4.19 GENERACIÓN DE CANALES DE TRÁFICO REVERSE (MÓVIL - BASE).

La generación de un canal reverse es diferente que la generación de canales de tráfico forward. El decodificado, la convolución y el interpaginado son realizados como en la dirección forward, pero varios nuevos procesos le siguen ahora. Un modulador ortogonal es seguido de una ráfaga de datos aleatorios que determinan cuando el transmisor del móvil se apaga para reducir potencia de transmisión. Cada estación móvil tiene un único código de enmascaramiento basado en su número serial electrónico (ESN). Cuando es asignado tráfico, este usa su código de enmascaramiento.

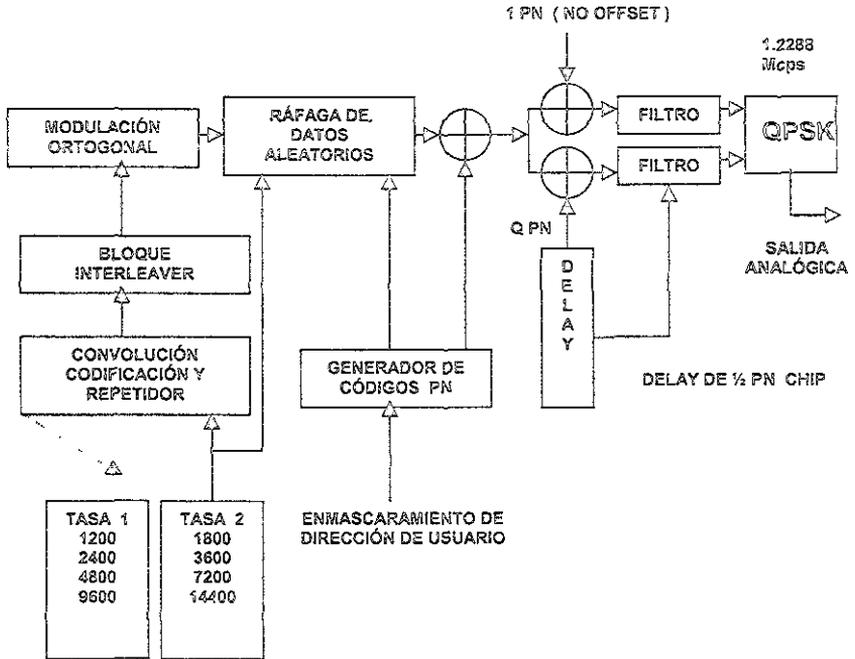


Fig. 4.19 Diagrama a bloques de un canal de tráfico Reverse.

4.20 GENERACIÓN DE UN CÓDIGO DE ACCESO.

Hay solo un tipo de canales de encabezado en los canales reverse: el canal de acceso.

El cual es el vehículo de comunicación con las estaciones móviles cuando no hay asignamiento a un canal de tráfico.

Su función es el originar el servicio y respuesta de las paginas.

Los canales de acceso normalmente corren a 4800 bps. Cada estación base debe servir al menos un canal de acceso, sobre al menos una frecuencia en uso. Los códigos de enmascaramiento para los canales de acceso son derivados de la identidad de la estación, del número de canales paging con el cual está asociado el canal de acceso y el número de accesos dentro de la estación base.

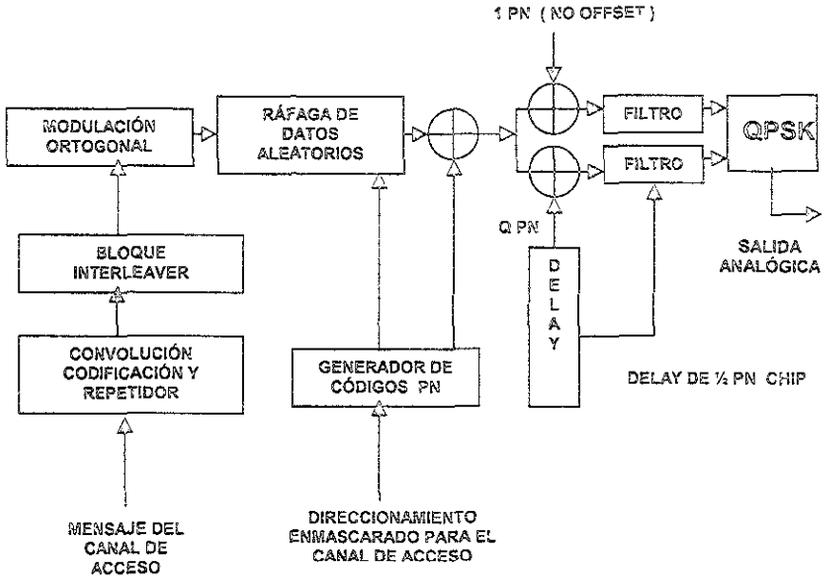


Fig. 4.20 Generador de un canal de acceso.

CANAL	ACCESO	TRÁFICO					
		1200	2400	4800	9600		
VELOCIDAD DE DATOS	4800	1200	2400	4800	9600	bps	
VELOCIDAD DE CÓDIGO	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3		
VELOCIDAD DE SÍMBOLO ANTES DE LA REPETICIÓN	14400	3600	7200	14400	28800	sps	
REPETICIÓN DE SÍMBOLO	2	8	4	2	1		
VELOCIDAD DE SÍMBOLO DESPUÉS DE REPETICIÓN	28800	28800	28800	28800	28800	sps	
CICLO DE TRABAJO EN LA TRANSMISIÓN	1	1/8	1/4	1/2	1		
CÓDIGOS POR CÓDIGOS / SÍMBOLO POR MODULACIÓN	6	6	6	6	6		
PN CHIPS / SÍMBOLOS POR MODULACIÓN	256	256	256	256	256		
PN CHIPS TRANSMITIDOS / BIT	256	128	128	128	128		

Tabla 4.5 Muestra los parámetros de un canal reverse de acuerdo al estándar IS - 95.

CANAL	ACCESO	TRÁFICO				
VELOCIDAD DE DATOS	1800	3600	7200	14400	bps	
VELOCIDAD DE CÓDIGO	1/2	1/2	1/2	1/2		
VELOCIDAD DE SÍMBOLO ANTES DE LA REPETICIÓN	3600	7200	14400	28800	sps	
REPETICIÓN DE SÍMBOLO	8	4	2	1		
VELOCIDAD DE SÍMBOLO DESPUÉS DE REPETICIÓN	28800	28800	28800	28800	sps	
CICLO DE TRABAJO EN LA TRANSMISIÓN	1/8	1/4	1/2	1		
CÓDIGOS POR CÓDIGOS / SÍMBOLO POR MODULACIÓN	6	6	6	6		
PN CHIPS / SÍMBOLOS POR MODULACIÓN	256	256	256	256		
PN CHIPS TRANSMITIDOS / BIT	256/3	256/3	256/3	256/3		

Tabla 4.6 Muestra los parámetros de un canal reverse de acuerdo al estándar J-STD - 008.

4.21 SINCRONÍA EN TIEMPO.

A). EN ENLACES FORWARD

Todas las estaciones bases deben estar sincronizadas dentro de unos cuantos microsegundos para que los mecanismos de identificación de estación, trabajen con seguridad y sin dificultades. Algún mecanismo conveniente puede ser usado para este propósito, pero los sistemas fueron diseñados para trabajar con sistemas de posicionamiento global (GPS). Esta es una familia de satélites en órbita baja que transmiten señales de espectro disperso, que con un filtro Kalman en el receptor se puede derivar una posición y un tiempo muy exacto.

B). EN ENLACES REVERSE

Las estaciones móviles requieren ajustar sus tiempos de transmisión de acuerdo con los tiempos que ellos son capaces de derivar desde de los canales de sincronía y piloto. El índice de offset piloto del canal de sincronía debe ser usado para corregir los tiempos de transmisión, tal que los canales reverse que arriban de las estaciones bases están alineados en tiempo, con el tiempo del sistema y sin ningún retraso debido a la propagación.

4.22 ATRIBUTOS Y TÉCNICAS DE CDMA.

FRECUENCIA DE REUSO.

El concepto de una central celular es el concepto de frecuencia de reuso. Aunque si existieran cientos de canales disponibles, y si cada frecuencia fuera asignada a sólo una celda, la capacidad total del sistema sería igual al total del número de canales, ajustados por la probabilidad de bloqueo de Erlangs. Teniendo solo unos cuantos cientos de suscriptores. Pero reusando canales en múltiples celdas el sistema crecería sin límites geográficos.

El reuso es críticamente dependiente de la atenuación del campo electromagnético, en bandas celulares tiende a ser más rápido con la distancia. Mediciones han demostrado repetitivamente que la intensidad de caída del campo decae como R^{-n} con $3 < n < 5$. En el espacio libre los conceptos celulares fallan completamente debido a las interferencias, tal que el crecimiento no tendría límites si la propagación fuera el espacio libre $n=2$.

El patrón de reuso en celular es de $K=7$, que es el más común. Es decir, solo 1/7 de canales son usados en una celda. En celdas sectorizadas la frecuencia de reuso es de 21, es decir, 3 sectores por celda y por 7 celdas.

La capacidad de reuso K camino es simplemente el número total de canales divididos por K . Por ejemplo, con $K=7$, y 416 canales, hay aproximadamente 57 canales por celda, presentando una carga típica de 0.05 Erlangs por suscriptor, soportando aproximadamente 1140 suscriptores.

FRECUENCIA DE REUSO CDMA.

El atributo principal del sistema CDMA es que todos los suscriptores pueden usar la misma frecuencia. Además de subrayar otros atributos. Con espectro disperso, una frecuencia universal se reusa aplicándola no solo en la misma celda, sino también en otras. La ventaja aquí es que el patrón complicado de reuso ya no es necesario.

CONTROL DE POTENCIA.

CDMA no trabaja sin un control efectivo de potencia debido al problema conocido como near – far (problema de acercamiento y alejamiento). El problema near – far se presentaba cuando el usuario de un móvil se acercaba a la celda mientras que otro usuario se encontraba distante de la celda (asumiendo que ambos transmiten a la misma potencia). Este problema se puede presentar a pesar de tener procesamientos de ganancias grandes ($PG = 21$ db). Un método efectivo para eliminar el efecto near – far necesariamente adiciona otros factores, varía las pérdidas en el camino y el desvanecimiento de las señales, es decir, la necesidad de controlar la potencia de transmisión de los móviles.

El control de potencia muestra que la capacidad es maximizada si todos los usuarios son controlados, tal que sus señales alcancen la estación base aproximadamente al mismo nivel de potencia.

Los sistemas CDMA usan dos pasos para lograr esto.

- Por medio de un control de potencia de lazo abierto hecho por el móvil.
- Usar factores de correlación veloces, basados sobre instrucciones que el móvil suministra a la estación base conocida como control de potencia de lazo cerrado.

El control de potencia de transmisión del móvil es más crítica que el control de potencia de la estación base. Los móviles usan la siguiente ecuación para calcular su potencia transmitida. Ambos controles de potencia abierto y cerrado pueden impactar los niveles de potencia transmitida sobre bases continuas. Mientras trabajen juntos podrán ajustar la potencia.

Potencia del móvil TX = lazo abierto (k – potencia recibida del móvil) (dbm) + parámetros + correcciones en las encuestas de acceso (dbm) + correcciones de lazo cerrado (dbm)

SOFT HANDOFF

- Handoff es el acto de transferir el control de una estación móvil de una base a otra.
- Hard Handoff está caracterizada por una desconexión temporal del canal de tráfico.

El Soft Handoff se refiere al estado donde el móvil esta en comunicación con múltiples estaciones al mismo tiempo. El Soft Handoff es un tipo de Handoff donde el móvil adquiere un código destino de canal antes de terminar la conexión existente.

El Soft Handoff es un atributo especial del CDMA y es debido al reuso de su frecuencia universal. Las ventajas del Soft Handoff son:

- Son pocas llamadas las que se terminan abruptamente por no encontrar canal.
- El Soft Handoff requiere menos potencia de transmisión.
- Incrementa la capacidad.
- Mejora la calidad de la señal.

MULTIPATH (MULTICAMINOS).

Una de las principales ventajas de los sistemas CDMA es la capacidad de usar señales que arriban en el receptor con diferentes tiempos de retraso. Este fenómeno es llamado multipath.

FDMA y TDMA son sistemas de banda angosta, por lo que no pueden discriminar las señales que llegan con un retardo, además de clasificar su equalización para mitigar los efectos multipath negativos. Debido a su ancho de banda y a sus receptores RAKE, CDMA usa señales multipath y las combinan ellas para hacer incluso las señales más fuertes en el receptor.

Un receptor RAKE consta esencialmente de cuatro receptores, uno de los receptores conocido como finger constantemente investiga los diferentes retardos de las señales y alimentan la información a otros tres fingers. Cada finger entonces demodula la señal correspondiente a una señal multipath más fuerte. El resultado de los tres combinados hacen una señal más fuerte. Como se muestra en la Fig. 4.21

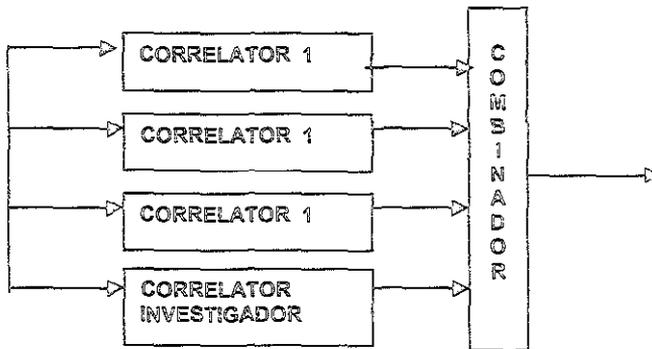


Fig. 4.21 Receptor Rake de un móvil.

VOCODER DE TASA VARIABLE.

Un codec es un convertidor analógico digital o viceversa, la señal de salida de un PCM de banda ancha tiene una tasa de 64 KHz.

Un VOCODER compacta la salida del codec a una tasa más baja para reducir el ancho de banda. El vocoder toma ventajas de actividades de voz de tasa baja. Aunque reduce la transmisión promedio a 4 Kbps.

CDMA emplea dos diferentes tasas de vocoder. Para la tasa 1 permite como máximo tasas de transmisión de 9.6 Kbps. Bajas tasas son producidas cuando el locutor mengua su actividad. Las tasas de transmisión incluyen en la salida del vocoder y algunos bits colocados como encabezados.

Cuando la actividad del locutor cesa, el vocoder produce 800 bps por un fondo de ruido. Ejemplo de un Vocoder variable, ver Fig. 4.21

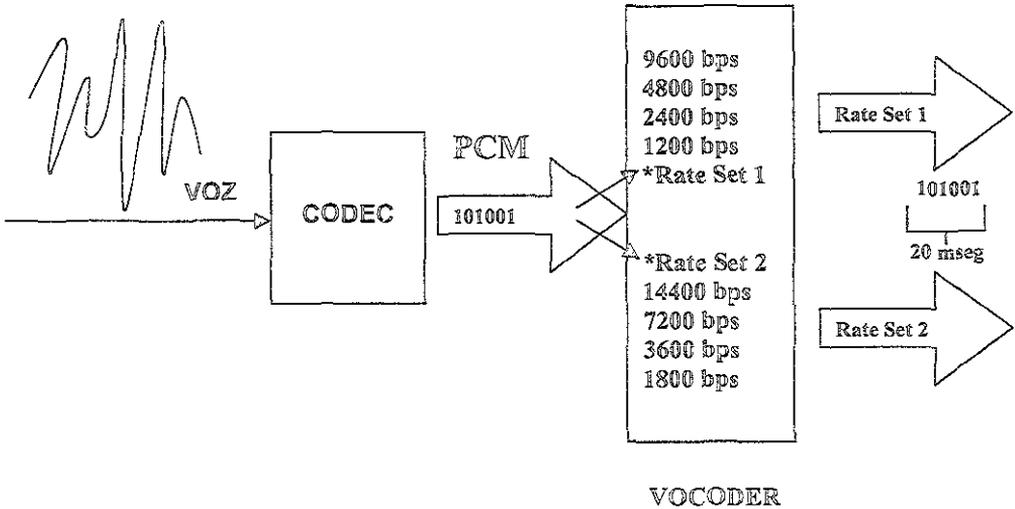


Fig. 4.22 Vocoder de Tasa Variable

FRAMING.

En CDMA los datos están formateados en frames de 20 ms. Los frames son lanzados con bits CRC para propósitos de detección y con 8 bits extra de valor cero para el mismo propósito. Mientras la tasa de datos decrece, también el número de bits del CRC decrece, tal que no hay bits de CRC para tasas de 1/4 ó 1/8 puesto que la información contenida en los frames es muy mínima.

TASA COMPLETA

1	171 bits	12 bits CRC	8 bits de cola
1/2 TASA	80 bits	8 bits CRC	8 bits de cola
1/4 TASA	40 bits		8 bits de cola
1/8 TASA	16 bits		8 bits de cola

Fig. 4.22 Medida del frame de tráfico primario Tasa 1.

TASA COMPLETA

1	267 bits	12 bits CRC	8 bits de cola
½ TASA			
1	125 bits	10 bits CRC	8 bits de cola
¼ TASA			
1	55 bits	8 bits CRC	8 bits de cola
1/8 TASA			
1	21 bits	6 bits CRC	8 bits de cola

*Fig. 4.23 Medida del frame de tráfico primario Tasa 2.***MULTIPLEXACIÓN.**

CDMA provee la opción de multiplexación de datos y señalización con señales de voz, cuando asigna un canal de tráfico la señalización es multiplexada con datos. También la multiplexación puede ser usada para transmitir una señal secundaria sobre canales de tráfico. La multiplexación de datos con voz y la transmisión de los datos sobre canales CDMA está estandarizado en el IS -95.

CAPACIDAD.

CDMA ofrece de 15 a 20 veces más capacidad que los sistemas FDMA celular para el mismo ancho de banda. La ventaja en capacidad comparada con los sistemas TDMA está entre 5 a 7 veces.

4.23 PROCESO Y REGISTRO DE UNA LLAMADA.**RESUMEN DEL PROCESO DE REGISTRO DE UNA LLAMADA.**

Determinación del subestado del sistema.

Este es el primer subestado en el estado de inicialización del móvil. En este subestado el móvil selecciona el sistema a usar. El proceso de selección no está estandarizado.

Procesamiento de los canales de sincronía y piloto.

Durante el procesamiento de los canales de sincronía y piloto, las estaciones móviles usan estos canales. Los cuales son transmitidos constantemente para adquirir y sincronizar el sistema CDMA.

Procesamiento de los canales paging.

Durante el procesamiento del canal paging, la estación base transmite canales paging con el cuál la estación móvil monitorea y recibe mensajes mientras la estación móvil está en el estado desocupado y de acceso al sistema.

Procesamiento de canal de acceso.

Durante el procesamiento de canal de acceso, la estación base monitorea el canal de acceso para recibir mensajes, los cuales la estación móvil envía, mientras este en un estado de acceso al sistema.

Procesamiento de canal de tráfico.

Durante el procesamiento del canal de tráfico, la estación base usa canales de tráfico reverse y forward para comunicarse con la estación móvil, mientras el control de la estación móvil esta sobre un canal de tráfico.

ESTADO DE INICIALIZACIÓN.

En este estado primeramente el móvil obtiene una idea del tiempo del sistema, investigando las señales piloto usables.

La señal piloto no tiene información, pero el móvil puede alinear su propio tiempo por medio de la corrección de la señal piloto. Una vez que la corrección ha sido lograda, el móvil tiene sincronización con los canales de sincronía y entonces los mensajes del canal de sincronía pueden ser leídos para refinar ó ajustar de nuevo su tiempo.

FRAMES PARA LOS CANALES DE SINCRONÍA.

Un canal de sincronía es transmitido a una velocidad de 1200 bps, y sus frames tienen una duración de 26.67 ms (es el mismo período que un código PN).

PROCESAMIENTO DEL CANAL DE SINCRONÍA.

Los móviles demodulan los canales de sincronía, leyendo los mensajes de sincronía y entonces usan esta información para sincronizarse con el sistema CDMA. Para posteriormente demodular los canales paging.

MENSAJES:

- OFFSET PILOTO PN
- TIEMPO DEL SISTEMA
- ESTADO DEL CÓDIGO PN
- SISTEMA ID
- RED ID
- VELOCIDAD DEL CANAL DE DATOS PAGING
- NIVELES DE REVISIÓN DE LA INTERFAZ AIRE

ESTADO DESOCUPADO.

La primera acción de un móvil en un estado desocupado es leer la configuración de los mensajes de los canales paging. El canal paging 1 es el usado como default. Cuando un móvil entra en el estado desocupado, este escucha al canal paging 1 y lee la configuración de los mensajes.

Los mensajes incluidos en el canal paging son:

- o Configuración de mensajes
- o Páginas de mensajes
- o Órdenes directas dirigidas por la estación móvil
- o Mensajes de tipo ráfaga
- o Mensajes de reconocimiento para un canal de acceso

PROCESAMIENTO DE UN CANAL DE ACCESO.

ESTADO DE UN CANAL DE ACCESO.

Es importante notar que el primer paso en un estado de acceso es actualizar la información. Para acceder al sistema, un suscriptor selecciona aleatoriamente un canal de acceso y transmite el mensaje sin ninguna coordinación con la estación base ó otros móviles.

ESTRUCTURA DE UN CANAL DE ACCESO.

Un canal de acceso es transmitido a 4800 bps. Los frames son de 20 ms de duración y contienen 88 bits de información y 8 bits de cola. No existe CRC en esta velocidad, aunque el mensaje mismo tiene CRC agregados.

El siguiente diagrama de flujo ilustra los subestados de un canal de acceso al sistema.

ESTADO DE UN CANAL DE TRÁFICO.

SUBESTADOS DE CANALES DE TRÁFICO EN UNA ESTACIÓN MÓVIL.

La siguiente ilustración nos proporciona el diagrama de flujo de un procesamiento mientras el móvil está en un canal de tráfico. Es importante notar que los suscriptores retornan al estado de inicialización después de liberar el canal.

ESTRUCTURA DE MENSAJE EN UN CANAL DE TRÁFICO.

Los mensajes de señalización son transmitidos sobre canales de tráfico, multiplexados con la voz y datos del usuario. La opción 1 es mostrada aquí. Los mensajes de señalización son distribuidos en paquetes y colocados en varios frames, en la porción del frame donde debe de ir la señalización.

Los primeros bits de la señalización payload en todas las multiplexaciones del frame, son reservados para una bandera de mensaje (SOM). Estos bits son colocados para indicar que los mensajes comienzan con este frame.

RESUMEN DE REGISTROS.

Los registros se refieren a los procesos, en el cual las estaciones móviles son ubicadas en los sistemas celulares. Además los sistemas CDMA usan registros como un significado para balancear las cargas entre los canales de acceso y paging.

Las especificaciones CDMA ofrece múltiples caminos para inicializar los registros. Los diferentes procedimientos de registros pueden ser habilitados ó deshabilitados, permitiendo que los carriers celulares sean hechos a la medida, con algún método de registro para optimizar el uso del sistema.

Los procesos de registros están controlados por un set de parámetros, los cuales se encuentran incluidos en los mensajes de los parámetros del sistema.

El móvil usa estos parámetros para registrarse con el sistema vía mensaje de registro ó mensajes de origen. Algunos de los parámetros importantes que un móvil incluye en la transmisión son:

SCM
MOB_TERM
SLOT_CYCLE_INDEX

TIPOS DE REGISTRACIÓN.

CDMA reconoce un total de 9 métodos de registración. Los primeros 5 modos de registración son llamados registración autónoma y pueden ser habilitados ó deshabilitados como un grupo, basados sobre los status roaming de la estación móvil. Todos los métodos de registración autónoma, como también la registración basada en cambios de parámetros puede ser habilitada ó deshabilitada individualmente.

La registración autónoma CDMA acepta diferentes formas de registración. Las primeras 5 formas de registración son autónomas, es decir, cuando el suscriptor inicializa, la registración en respuesta a un evento sin estar explícitamente dirigido al registro del BSC:

1. Registración Power - up
2. Registración Power - down
3. Registración Timer - Based
4. Registración Distance - Based
5. Registración Zone - Based
6. Registración con cambios de parámetros.

Ciertos parámetros en una estación móvil afectan directamente el proceso de entrega de las llamadas a la estación móvil y por lo tanto deben ser actualizadas en el sistema cada vez que exista un cambio. Estos parámetros son el SCM (station class mark), el preferred slot cycle y el terminated call indicator.

7. Registración de ordenes.

Cuando un sistema celular ordena a la estación móvil registrarse usando las ordenes de registración de mensajes, el móvil responde con una registración sobre el canal de acceso.

8. Registración implícita.

La registración implícita ocurre cuando el móvil y la estación base cambian mensajes que no son directamente relacionadas, pero llevan suficiente información que identifica la estación móvil y su ubicación (dentro del área de cobertura) en el sistema celular.

9. Registración de canales de tráfico.

La registración relaciona un método en el cual la estación móvil recibe información de registración sobre el canal de tráfico. IS - 95 A suministra información de registración sobre el canal de tráfico, previniendo en muchos casos una registración autónoma seguida de una llamada.

CAPITULO 5

APLICACIONES Y USOS DE LAS TECNICAS DE ACCESO
MULTIPLE EN LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

5.0 INTRODUCCION

Con base a la descripción anterior vista y analizada en los temas anteriores, presentamos un capítulo en el cual presentamos aplicaciones reales de las técnicas de acceso múltiple.

Como primer punto se indica las principales características de las técnicas de acceso que al combinarse con diferentes esquemas de modulación y con técnicas de multiplexaje conforman una metodología de distintas arquitecturas que pueden implementarse en el diseño de una red de telecomunicaciones para satisfacer diversos tipos de necesidades y servicios requeridos.

Las técnicas de acceso múltiple en los sistemas de comunicaciones vía satélite, hacen posible que distintas estaciones terrenas transmisoras utilicen un mismo transpondedor de satélite.

El acceso múltiple es afín al multiplexaje expuesto en el capítulo uno de la introducción del tema de tesis expuesto anteriormente en el sentido de que una misma anchura de banda puede ser compartida por más de una señal (Una diferencia entre ambos conceptos consiste en que el acceso múltiple se realiza siempre en radiofrecuencia en tanto que el multiplexaje se realiza en banda de base).

También, el multiplexaje se produce ya sea en una estación terrena o en una red terrenal enlazada a una estación terrena, en tanto que el acceso múltiple ocurre en los satélites, originado en los enlaces desde distintas estaciones terrenas.

El acceso múltiple puede clasificarse de acuerdo con la forma en que las estaciones terrenas utilizan la capacidad en frecuencia de un transpondedor: Acceso múltiple por distribución de frecuencia (FDMA), por el cual cada estación terrena utiliza una parte distinta de la gama de frecuencias del transpondedor.

Acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA), por el cual cada estación utiliza la misma parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor que las otras, pero en intervalos de tiempo distinto, sincronizado y de duración usualmente fija que se repite en cada trama, durante el cual se transmite un grupo de dígitos comúnmente llamado ráfaga.

Acceso múltiple por diferencia de código (CDMA), en el cual las estaciones utilizan la misma parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor ya sea al mismo tiempo o en distinto momento

Algunos autores identifican otra categoría denominada acceso múltiple por división en el espacio, que representa lo que se conoce como rehusó de frecuencia por separación espacial, por medio del cual transpondedores conectados a distintas antenas pueden tener la misma gama de frecuencias.

Esta forma de operación es posible por la direccionalidad de las antenas de los transpondedores que reciben de y transmiten hacia varias regiones geográficas separadas

Un caso similar es el rehusó de frecuencias en dos transpondedores que operan con señales independientes separadas gracias a que su polarización sea ortogonales con respecto de la otra.

Se hace una clasificación adicional del acceso múltiple, superpuesta y por tanto coexiste con lo anterior, por la forma en que las estaciones se les asigna en el tiempo la capacidad de un transpondedor:

- o Acceso múltiple con asignación previa o permanente, abreviado PAMA, por el cual cada canal de cada estación tiene asignada permanentemente una parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor en la forma de acceso FDMA o una posición determinada de ráfaga en forma de acceso TDMA.
- o Acceso múltiple con asignación por demanda, abreviado DAMA el cuál las estaciones no tienen asignada en forma permanente una frecuencia del FDMA o una ráfaga de una portadora de frecuencia fija del TDMA, sino que en el momento en que requiere establecer una comunicación se les asigna una que no esté ocupada, la cual es reasignada a otras estaciones cuando se concluye dicha comunicación.
- o Acceso múltiple aleatorio, abreviado RMA o RA en este tipo de acceso en el momento en que una estación requiere comunicarse utiliza un intervalo de tiempo de transmisión cualquiera en una portadora.

Las categorías de acceso múltiple se asocian usualmente con determinados tipos de multiplexaje y modulación, encontrándose entre las combinaciones más comunes como se muestra en la tabla 5.1:

Señales	Multiplexaje	Modulación	Acceso múltiple
Analógicas	FDM	FM	FDMA/PAMA
	-	FM	FDMA/PAMA o DAMA
Digitales	-	PSK	FDMA/PAMA o DAMA
	TDM	PSK	FDMA/PAMA
	TDM	PSK	TDMA/PAMA o DAMA

Tabla 5.1 Tipos de Modulación y Acceso

- o FDM : Multiplexaje por división de frecuencia
- o TDM : Multiplexaje por división de tiempo
- o FM: Modulación de frecuencia
- o PSK: Modulación por desplazamiento de fase
- o FDMA: Acceso múltiple por distribución de frecuencia
- o TDMA :Acceso múltiple por distribución en el tiempo
- o PAMA: Acceso múltiple con asignación previa
- o DAMA: Acceso múltiple con asignación por demanda

Los dos ejemplos del cuadro anterior en que no se señala la categoría de multiplexaje corresponden a portadoras que contienen una sola señal operando en la forma conocida como SCPC (Single Channel per Carrier), en contraste con las que contienen múltiples señales que se conoce como MCPC (Múltiple Channel per Carrier).

En muchas ocasiones se abrevia las siglas de la combinación de las técnicas de acceso de las dos clasificaciones superpuestas descritas. Por ejemplo, la combinación FDMA/DAMA se representa como FDMA/DA.

Cuando solo se especifica una categoría correspondiente a la primera clasificación se supone que la categoría de la segunda es de asignación previa o permanente.

Para aplicar el SCPC o MCPC, solo se requiere que cada estación terrena transmita en una o más frecuencias diferentes a las demás.

Es tan predominante esta técnica de acceso que ocurre siempre que un transpondedor opere con más de una portadora en distinta frecuencia, pudiendo coincidir con otra técnica de acceso de la primera clasificación respecto de toda su capacidad

Un transpondedor puede operar simultáneamente con portadoras de distintas anchura de banda, con bandas de guarda entre una y otra para reducir los efectos mutuos. Frecuentemente de 10% de la anchura nominal de aquellas o mayores como se muestra en la Fig. 5.1.

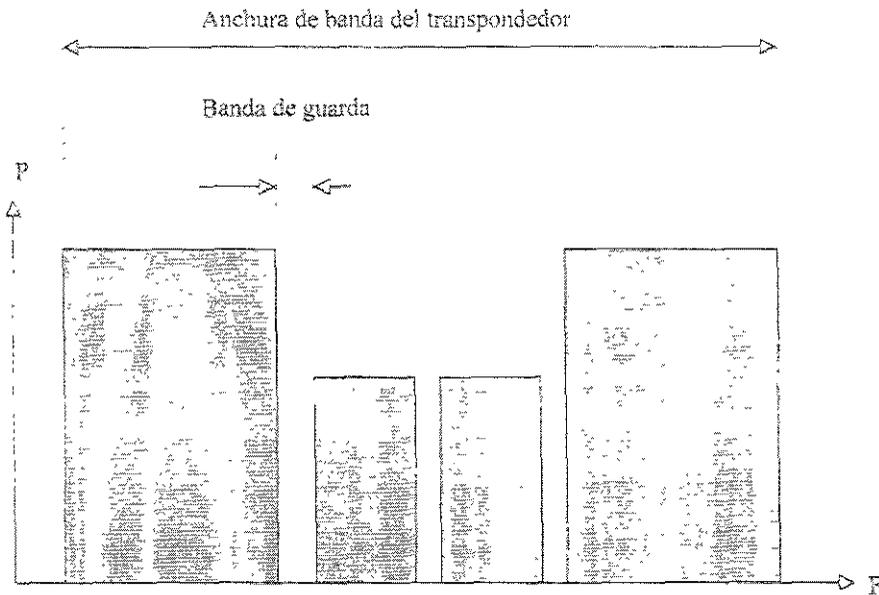


Fig. 5.1 Ejemplo de límites de anchura de banda y potencia planificados para cuatro portadoras operando en un transpondedor por la técnica FDMA, sin considerar la conformación de su filtro de paso banda.

Una de las ventajas de esta técnica es simplicidad y menor costo inicial de inversión especialmente para redes de punto a punto de tamaño pequeño o mediano empleando circuitos con asignación previa, es decir, de frecuencias fija a tiempo completo.

También es muy útil para redes telefónicas SCPC de muchas estaciones con rutas de muy bajo tráfico y asignación por demanda, proporcionando una alta eficiencia de la capacidad satelital empleada, aplicación que se inició con el sistema SPADE de INTELSAT que permite casi 400 conversaciones dúplex en un transpondedor de 36 Mhz, con portadoras espaciadas 45 Khz entre centros.

Esta forma de acceso es también típica de las redes SCPC de datos y de voz comprimida en que opera la mayoría de las estaciones con reflectores de diámetro pequeño conocidas como VSAT que han tenido gran demanda para servicios privados, ya que en general requiere bajas velocidades binarias por canal en cada estación y la mayoría de las estaciones operan uno o dos circuitos solamente.

5.1 CONSIDERACIONES DE INGENIERIA PARA LOS SISTEMA DE ACCESO MÚLTIPLE EN APLICACIONES DE COMUNICACIONES VIA SATELITE

En el mundo de las comunicaciones vía satélite, existen diferentes técnicas de acceso para la transferencia de información.

Las técnicas de acceso a un satélite, son los sistemas mediante los cuales un gran número de estaciones terrenas, pueden acceder a uno o varios satélites y establecer enlaces independientes de comunicaciones a un mismo tiempo.

Dentro de estas técnicas, existen varios puntos que deben considerarse:

- Las estaciones terrenas deben tener las mismas características operativas, las cuales servirán para utilizar la potencia en forma óptima y ancho de banda del transpondedor.
- En el acceso por división de frecuencia, se presentará el problema de la intermodulación debido a la no-linealidad de las guías de onda, cuando se maneja a potencias altas.
- Especificar que tipo de información se manejará (telefonía, televisión o datos)

Un diseñador de sistemas de comunicación vía satélite, se encuentra siempre ante la disyuntiva de seleccionar el mejor sistema de acceso múltiple para su aplicación en un problema particular. Para poder decir cual técnica se adapta mejor a una aplicación, diversos factores deben de ser considerados. Los factores que son normalmente usados para evaluar la efectividad de una técnica de acceso múltiple para una aplicación en particular son:

- Capacidad
 - Potencia y ancho de banda
 - Interconectividad
 - Adaptabilidad de crecimiento
 - Acomodamiento de servicios múltiples
 - Interfaz terrestre
 - Seguridad de comunicación
 - Costo – Beneficio
-
- **Capacidad**

La capacidad de un sistema de acceso múltiple se define, usualmente, en términos de canales de voz y/o datos de una calidad específica, pueden ser acomodados utilizando la potencia y el ancho de banda de un transpondedor. Al seleccionar un sistema, el de mayor capacidad es el más deseable.

Sin embargo, los requerimientos de la red pueden conducir a la selección de un sistema que proporcione una menor capacidad total, pero un mejor factor costo-beneficio.

- **Potencia y ancho de banda**

Son los recursos primordiales de un enlace vía satélite. La disponibilidad de estos recursos en un sistema de comunicaciones vía satélite se encuentra reflejado directamente en su costo.

Para utilizar eficientemente la potencia y el ancho de banda disponibles, el sistema de acceso múltiple deberá ser diseñado para estar limitado simultáneamente, tanto en potencia como en ancho de banda.

- **Interconectividad**

La topología de red para varios servicios de comunicaciones, determinará los requerimientos de interconectividad. Redes sencillas punto a punto pueden, a menudo, ser servidas económicamente por otras técnicas de transmisión de banda amplia, tal como los sistemas de fibra óptica. En una topología multinodal, la habilidad de una técnica de acceso múltiple, sirve para proveer interconectividad entre diversos usuarios a diferentes tasas de datos y niveles de calidad, hace posible considerar a los satélites como la solución con un mejor costo-beneficio.

- **Adaptabilidad de Crecimiento**

Debido a que la inversión del equipo de acceso múltiple representa un costo significativo del total del sistema terrestre, los diseñadores deben considerar la habilidad de la técnica seleccionada, para adaptarse al crecimiento de tráfico y cambio de los patrones del mismo.

- **Acomodamiento de Servicios Múltiples**

La utilización de ISDN (Integrated Service Digital Network / Red Digital de Servicios Integrados), implica que servicios múltiples, tales como las aplicaciones de voz, datos y vídeo compartan las mismas facilidades de transmisión. Los sistemas de acceso múltiple pueden ser diseñados para acomodar servicios del ISDN.

- **Interfaz Terrestre**

La interconexión que existe en sistemas terrestres en la última milla entre una estación terrena y un usuario, es extremadamente importante en la efectividad técnica y económica del sistema de acceso múltiple. A medida que un mayor número de interconexiones llega a ser disponible, es más atractivo emplear las técnicas digitales.

- **Seguridad de Comunicación**

A pesar de que en el pasado la mayoría de las consideraciones de la seguridad de comunicación habían sido relegadas a aplicaciones militares, los sistemas de comunicación de satélites comerciales modernos, deben ahora encarar el problema de proteger datos confidenciales en un ambiente satelital que es vulnerable a una recepción no autorizada.

- **Costo – Beneficio**

El costo por canal de implementar un acceso múltiple, es una consideración importante para ingenieros de sistemas. Debido al acelerado desarrollo de técnicas digitales en los últimos años, el interés en su aplicación se incrementa día a día. Sin embargo, en algunos casos las técnicas analógicas pueden tener aún mejor costo – beneficio.

5.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y ARQUITECTURA PARA LA IMPLEMENTACION DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO EN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES

En base lo visto, tenemos las tres principales técnicas de acceso utilizadas tanto en satélites como en telefonía celular.

Técnicas de Acceso Múltiple.

- FDMA : Acceso múltiple por división de frecuencia
- TDMA : Acceso múltiple por división de tiempo.
- CDMA . Acceso múltiple por división de código

Así mismo se presenta las variantes de técnicas de acceso, dependiendo del tipo de red y servicios requeridos por el cliente.

Técnicas de Asignación de Canal.

- Fijo: Canal dedicado (SCPC, MCPC)
- Por demanda: Por demanda /reservación DAMA
- Aleatorio: Aleatorio designado ALOHA

A continuación la Tabla 5.2 muestra las principales características de Acceso Múltiple aplicadas a Satélites, donde se presenta los tipos de modulación, ancho de banda requerido y tipo de información analógica y digital.

Trasmisión	Análogica ó Digital	Análogica ó Digital	Digital	Digital
Multiplexaje	Ninguno	FDM o TDM	TDM	TDM
Modulación	FM o PSK	FM o PSK	PSK	AM o PSK
Características	SCPC	MCPC	TDMA	CDMA
Ancho de Banda de Portadora	0.7 x razón de bit	Depende del plan de frecuencias	Transponder lleno	Transponder lleno
Capacidad (por MHz ó ancho de banda del Transponder)	22 canales /MHz	16/25 canales /MHz	28 canales /MHz	
Aplicaciones primarias	Muchas estaciones de bajo tráfico	Enlaces pesados punto a punto	Numero intermedio de estaciones. Trafico moderado.	Aplicaciones de interfaces sensitivas.

Tabla 5.2 Tabla de referencia para el tipo de Acceso Múltiple.

Teniendo lo anterior como antecedente, tendremos los parámetros para considerar los puntos más importantes para la Arquitectura de transmisión y selección.

Para definir el tipo de arquitectura de acceso tenemos las siguientes opciones.

Técnicas de acceso múltiple + Técnicas de asignación de canal.

Las posibles combinaciones de ejemplos son las siguientes.

- o FDMA+ SCPC (MCPC)
- o FDMA + DAMA
- o TDMA + DAMA

Para esto se requiere considerar los requerimientos prioritarios de la aplicación en la fase de diseño la red de Comunicaciones.

La selección de arquitectura de acceso se define por medio de los siguientes parámetros y que también son importantes para determinar la inversión de tecnología utilizada

- o Tráfico
- o Topología
- o Tiempos de respuesta
- o Tipos de aplicaciones (Voz, datos, video)

Dentro de estos parámetros de requerimiento de la red de telecomunicaciones tenemos que considerar que tipo de diseño es adecuado para que cumpla con el nivel de servicio que demanda esta red.

- o Tipos de aplicaciones
- o Topología de la red
- o Volumen y perfil de tráfico
- o Tiempo de respuesta
- o Objetivo de disponibilidad
- o Protocolos empleados

Las consideraciones para realizar un diseño son las siguientes

- o Tipos de aplicación (troncal extensión)
- o Topología
- o Volumen de tráfico en Erlangs
- o Porcentaje de bloque permitido
- o Grado de calidad deseado
- o Conectividad física

Los sistemas que utilizan las técnicas de acceso múltiple son los subsistemas que mandan y reciben la información de un satélite u otro medio de comunicación Los cuales deben cumplir con ciertos requisitos, los cuales se describen a continuación.

Sistema Satelital.

Para el sistema satelital, el primer subsistema es llamado estación terrena la cuál debe cumplir con ciertos requisitos de calidad en la operación, como lo muestra la Tabla 5.3

Frecuencia de Transmisión	14-14.5 Ghz
Frecuencia de Recepción	11.7-12.2 Ghz
Diámetro de la Antena	7.6 Mts.
HPC	1 Kwatt
LNC	180° K
G/T de cada estación	33.8 dB/K a 50° de elevación
Señal Transmitida (TDM)	56 kbps, BPSK, tasa ½ FEC Continuo
Señal Recibida (TDMA)	56kbps, BPSK, tasa ½ FEC por ráfaga
Tasa de bits de error (Típico)	10 ⁻⁷ para Eb/N ₀ de 7dB
Señal de voz	Tx/Rx (Solo SCPC) 19.2 kbps, BPSK, ½ FEC

Tabla 5.3. Requisitos de calidad en la operación de una estación terrena

Su contraparte en el punto remoto distante es llamada estación VSAT, las cuales deben cumplir con los siguientes requisitos de calidad, como lo muestra la Tabla 5.4.

Frecuencia de Transmisión	14-14.5 Ghz
Frecuencia de Recepción	11.7-12.2 Ghz
Diámetro de la Antena	1.8, 2.4, y 3.6 mts.
HPC	3 Watts
LNC	225° K
G/T de cada estación	23.2 dB/K (a 50° de elevación)
Señal Transmitida (TDM)	56 kbps, BPSK, tasa ½ FEC ráfaga
Señal Recibida (TDMA)	56kbps, BPSK, tasa ½ FEC Continuo
Tasa de bits de error (Típico)	10 ⁻⁷ para Eb/N ₀ de 7dB
Señal de voz	19.2 kbps, BPSK, ½ FEC (Solo SCPC)

Tabla 5.4. Requisitos de calidad para una estación VSAT.

5.3 APLICACIONES REALES DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES.

En este capítulo se menciona la importancia de una buena planeación de los sistemas de comunicaciones en los que se utilicen las técnicas de acceso múltiple, con el objetivo de lograr la eficiencia del ancho de banda disponible y mantener una transmisión segura y libre de perturbaciones.

A continuación se presentan dos sistemas de comunicación, el primero se refiere a una corporación que requiere la transmisión de eventos en línea para el negocio de las apuestas, así como la transmisión de datos que se utilizan para el registro de las mismas. El segundo se trata de una red bancaria que necesita transmitir información financiera de distintas sucursales a los centros regionales, y de los centros regionales a la central principal, con el fin de obtener transacciones confiables y rápidas sin importar la ubicación del cliente.

5.3.1 RED DE COMUNICACIONES PARA TRANSMISIÓN DE EVENTOS DE GALGODROMOS, HIPÓDROMOS Y EVENTOS DEPORTIVOS.

INTRODUCCIÓN

La historia data del año de 1916, en la ciudad de Tijuana se estableció el primer Hipódromo del país, que debido a la creciente demanda de las carreras de caballos y juegos de azar, se vio la oportunidad de establecer más negocios de este tipo o en el mejor de los casos la necesidad de poder interconectar los ya establecidos en otras partes del mundo y así poder manejar una mayor variedad de eventos, haciendo que este negocio fuera muy productivo, floreciendo en una gran industria.

Debido a que el uso de sistemas de comunicación mucho más complejos, no era factible por los altos costos que representaba, no fue sino que hasta que surgió la autorización de las apuestas fuera de las pistas y la apuesta compartida entre hipódromos. que hizo rentable la transmisión de la señal de televisión a través de satélites.

Fue así como se empezó a implementar una red de comunicaciones que permite el intercambio de información en línea entre diferentes sitios de apuestas

En la Fig. 5.2 se muestra la ubicación geográfica de los establecimientos que conforman la red.

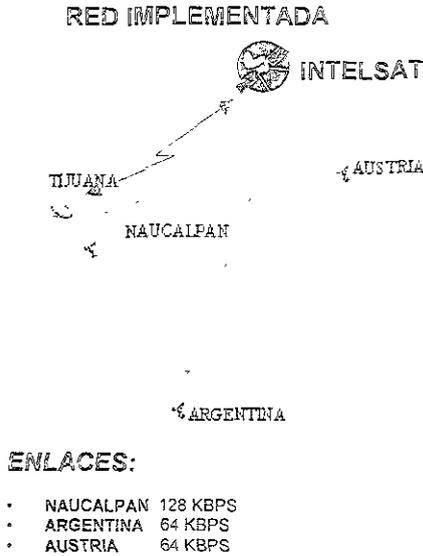


Fig. 5.2. Ubicación de los establecimientos que conforman la red.

ANÁLISIS.

El soporte, la adaptación y la administración de ventas así como el aseguramiento de transmisión de información son aspectos importantes que se deben manejar, y que nos llevó a la implementación de una red de comunicaciones que suministre distintos tipos de información (voz, datos y video) a los establecimientos de apuestas ubicados en distintas regiones del mundo

Dentro del análisis realizado para dicha aplicación se tomaron en cuenta diversos requerimientos técnicos para el diseño del sistema así como los requerimientos del usuario, que son los siguientes:

- Confiabilidad en la emisión de las apuestas.
- Que la apuesta se realice en línea, independientemente del lugar donde se realice el evento.
- Contar con la facilidad de apostar en eventos que se efectúen al mismo tiempo en diversos lugares

- Transmisión en vivo de los eventos efectuados en diferentes países.
- Actualización de los datos en línea en una computadora central de apuestas.
- Necesidad de que cada establecimiento tenga un sistema de transmisión-recepción continua.

DISEÑO.

Se requiere un centro de control principal, en el cuál se concentre la información de los diferentes lugares donde se transmiten los eventos, para que de manera

simultánea o posterior se retransmitan estos eventos a los establecimientos de apuestas ubicados en distintos lugares del mundo.

Dentro de diversos sistemas de comunicación posibles, se eligió un enlace satelital para comunicar el centro de control con los establecimientos de apuestas debido a la facilidad de acceso que se logra con un satélite, no importando la ubicación geográfica.

Cabe mencionar que con base al sistema de comunicación en cuestión y a los requerimientos de la aplicación planteados anteriormente, se compararon las técnicas de acceso múltiple existentes (FDMA, TDMA y CDMA) para poder elegir la más adecuada.

Dentro de los puntos esenciales tenemos la necesidad de mantener una comunicación constante entre la computadora central de apuestas y los diferentes establecimientos de una manera continua, toda interrupción de la transmisión puede causar pérdidas económicas y problemas legales con el cliente

Es por eso que se decidió utilizar la técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), debido a que tiene como característica principal la transmisión-recepción continua en el tiempo y satisface los requerimientos de comunicación interrumpida

Para reforzar la confiabilidad y seguridad de las transmisiones, existen esquemas prácticos de FDMA como el SCPC (asignación de canal único por portadora) con asignación fija, en el cuál se transporta la información en un solo canal y con lo cuál se garantiza nuestro requerimiento de comunicación continua entre los establecimientos de apuestas y el centro de control.

Cabe mencionar que se puede tener una disminución de costos, ya que se pueden tener varios establecimientos de apuestas conectados entre sí a través de un

bypass y un enlace dedicado, lo cual implica ahorro en la infraestructura del equipo satelital utilizado.

Para la comunicación entre el centro de control y los establecimientos de apuestas se utilizaron para la transmisión y recepción de información estaciones VSAT, que junto con el satélite INTELSAT 805 proporciona una cobertura amplia requerida por la demanda del mercado como se muestra en la Fig. 5.3.

COBERTURA SATELITE INTELSAT 805

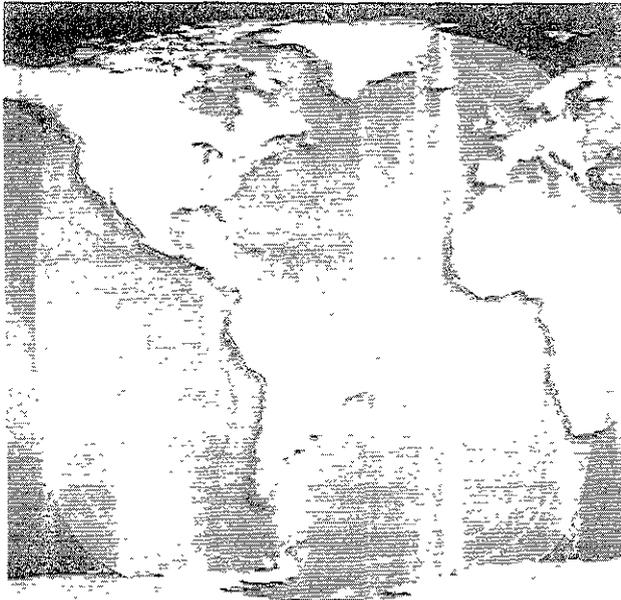


Fig. 5.3 Cobertura del satélite INTELSAT 805.

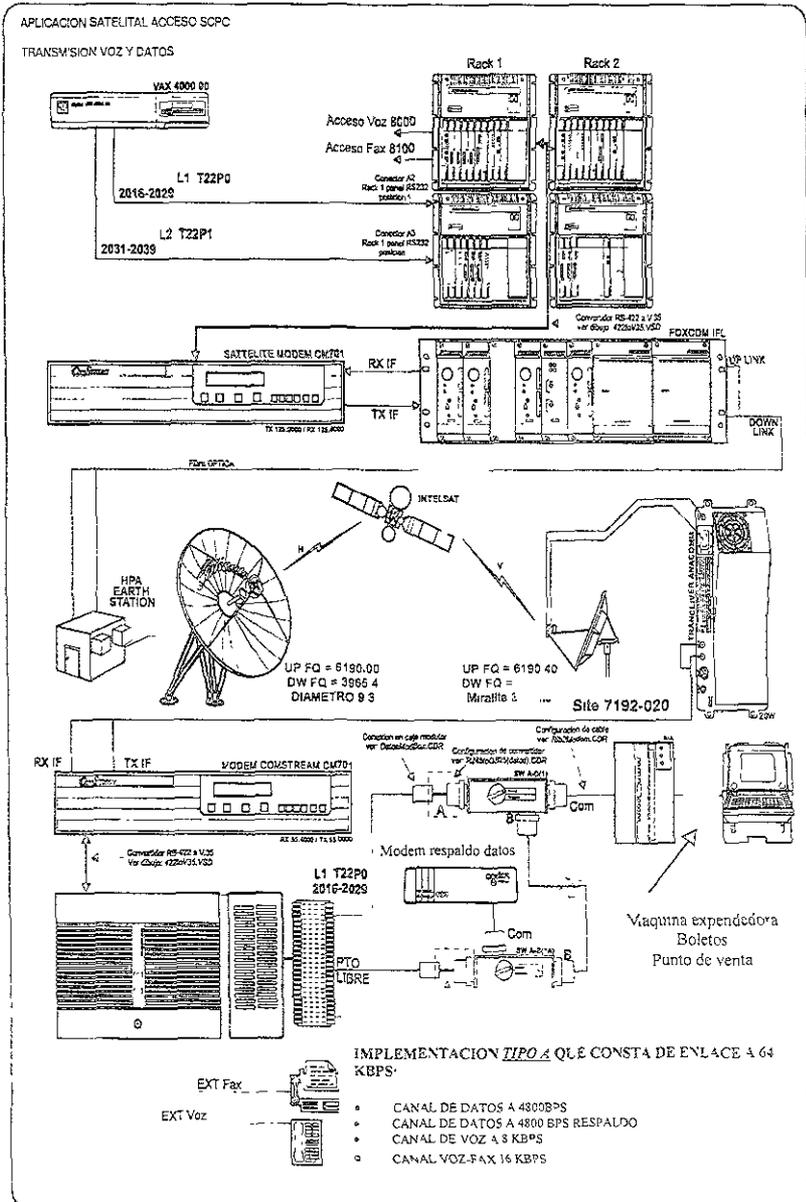
PARÁMETROS BANDA C SATELITE INTELSAT 806

Total transponders	36
Polarización	Lineal
PIRE	37.5 a 43.0 dBW
Uplink Frequency	5850 a 6650 MHz
Downlink Frequency	3400 a 4200 MHz

A continuación se presenta el diagrama de implementación de dos tipos de interconexión del equipo utilizado, utilizadas en los establecimientos mencionados anteriormente.

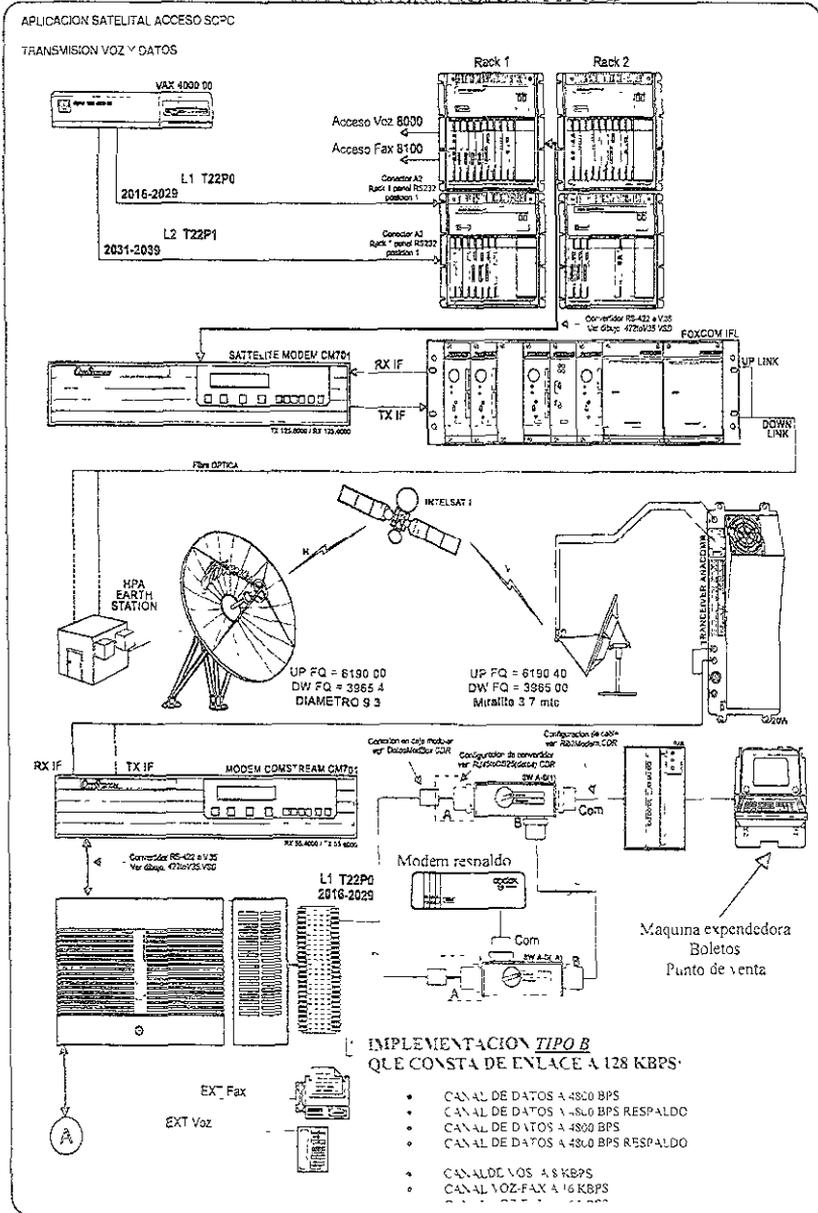
IMPLEMENTACIÓN A. Es un enlace sencillo entre la estación maestra (centro de control) y una estación remota (establecimiento), que consta de dos canales de datos (ventas y respaldo), y dos extensiones satelitales (una de voz y otra de datos)

IMPLEMENTACIÓN TIPO A



IMPLEMENTACIÓN B. Es un eniace similar a la Interconexión A, al cual se le agrega un bypass que permite suministrar datos a otro establecimiento a través de un enlace dedicado

IMPLEMENTACIÓN TIPO B



Los diagramas anteriores muestran una interconexión completa y el equipo requerido para la transmisión de voz y datos entre ambas terminales o puntos de enlace, además de un enlace entre la estación maestra que se encuentra dentro del centro de control ubicado en Tijuana y estaciones remotas ubicadas en la Ciudad de México, Austria y Argentina

Cada uno de los enlaces transmiten 6 canales de voz, 2 de fax y 4 de datos, los de datos tienen un ancho de banda de 4.8 Kbps y los de voz tienen 8 Kbps y los de fax a 16 Kbps.

Para aprovechar el enlace y el ancho de banda se utiliza un bypass entre la estación A hacia una estación remota B mediante un enlace dedicado de Telmex a 64 Kbps (E0), que en nuestro caso corresponde al establecimiento de Naucalpan como estación A y otro establecimiento ubicado en Tlalnepantla como estación B. Los establecimientos de Austria y Argentina son implementaciones tipo A.

Las necesidades de operación y funcionamiento requieren de una transmisión de datos constante, por lo que la técnica de acceso múltiple utilizada en el sistema es el más adecuado

El satélite utilizado en este proyecto es INTELSAT 805, el transponder 14 con una frecuencia central de 6502 Mhz dentro de la banda C.

En la estación maestra las frecuencias son:

ESTABLECIMIENTO	UPLINK(MHz)	DOWNLINK(MHz)
NAUCALPAN	6221.70	3996.90
AUSTRIA	6218.65	3993.75
ARGENTINA	6187.45	3962.55

En la estación remota se tienen:

ESTABLECIMIENTO	UPLINK(MHz)	DOWNLINK(MHz)
NAUCALPAN	6221.90	3996.70
AUSTRIA	6218.75	3993.65
ARGENTINA	6187.55	3962.45

Los módems satelitales utilizados se basan en modulación QPSK con un FEC (Forward Error Correction) de $\frac{3}{4}$ con la finalidad de proteger los datos de la degradación del canal, y además de que minimiza el uso de potencia del transpondedor y adicionalmente optimiza el ancho de banda del transpondedor.

El sistema también cuenta con un sistema de respaldo para la transmisión de datos, ya que es un aspecto prioritario en la operación de los establecimientos de apuestas

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
 DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTROS Y FISCOS

5.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES DE UNA RED BANCARIA

Actualmente es de suma importancia que el intercambio de información sea de manera segura, rápida y confiable; y sobre todo si se trata de transacciones monetarias. Por lo tanto es sumamente importante proveer al cliente un nivel de servicio que satisfaga las expectativas de seguridad con las que pueda contar, tales como:

- o Alta confiabilidad en la consulta de saldos
- o Pagos de servicios
- o Transferencias
- o Y cualquier operación bancaria

Debido a que en el momento que se diseñó la red no se contaba con los servicios o facilidades que proporcionan los carriers y por la complicada ubicación geográfica de los centros regionales y sucursales que integran la red, distribuidos a lo largo del territorio nacional, se tomó la alternativa de utilizar enlaces satelitales.

Por lo tanto para comunicar cada uno de los centros regionales con un número determinado de sucursales, se determinó utilizar TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), debido al bajo tráfico de datos, voz y video que maneja cada centro regional. Para la comunicación entre los centros regionales distribuidos en las principales ciudades con la central principal ubicada en el Distrito Federal, se optó por la técnica de acceso SCPC debido al alto tráfico de información que se maneja y a la necesidad de intercambio de información de manera continua

Como primer punto tiene el análisis del proyecto donde se integra los requerimientos del banco el cual debe cumplir con ciertos estándares de calidad.

ANÁLISIS.

El objetivo principal del banco es recibir y realizar llamadas a sus clientes, actualizar en tiempo real sus datos generales de los clientes, así como el seguimiento de la cobranza sistematizada en la área de tarjeta de crédito y otros departamentos de operación, adicionalmente tener una red de voz uniforme con referente al plan de marcación y facilidades de correo de voz, la posibilidad de movilidad de oficina virtual desde cualquier punto de la república mexicana.

- o Todo esto con el fin de proveer el mejor servicio posible al cliente con el menor costo, minimizar el tiempo de espera al cliente y maximizar la productividad
- o Tener una red de voz y datos confiable así como comunicación a los centros regionales del país

- o Abatir costos de larga distancia utilizando la red privada de comunicaciones del grupo corporativo.
- o Minimizar el tiempo de espera al cliente y maximizar la productividad.
- o Así mismo obtener un lazo estrecho de comunicación con los responsables de los centros regionales y el grupo corporativo, impartiendo capacitación a distancia y acuerdos de la institución utilizando la tecnología de video conferencia
- o Minimizar los costos de operación del grupo financiero.

DISEÑO.

Sobre la base de los requerimientos antes mencionados se obtuvo la elección de utilizar tanto enlaces satelitales como enlaces por medio de fibra óptica, actualmente llamada red digital de servicios integrados para los centros regionales distribuidos alrededor de la republica mexicana,

A continuación se presenta la Fig. 5.4 con la red de sucursales y como se encuentran distribuidas



Fig. 5.4 Diagrama de Las oficinas regionales I y II

En la red de sucursales se utilizó acceso TDMA, debido a que en esta parte existen muchos nodos que necesitan estar conectados con un centro regional y el tráfico de información que se maneja no es demasiado elevado.

En la siguiente Fig. 5.5 se muestra como se encuentran distribuidos los centros regionales y la conexión que tienen con la estación central situada en la Ciudad de México.

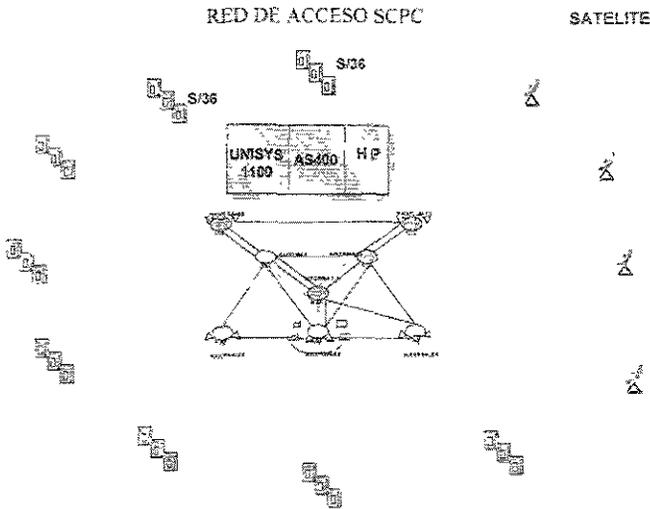


Fig. 5.5 Diagrama de la red de centros regionales

En el diseño de la red de centros regionales se optó por utilizar el acceso SCPC, ya que solo se cuentan con 4 centros regionales que deben transmitir en forma continua a la central principal, pero teniendo un tráfico de información alto, debido al número de sucursales que cada centro maneja.

En este caso se define en la Fig. 5.6 un diagrama de bloques los elementos que intervienen en la conexión de una sucursal y una oficina regional, en esta parte del sistema se utiliza la técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).

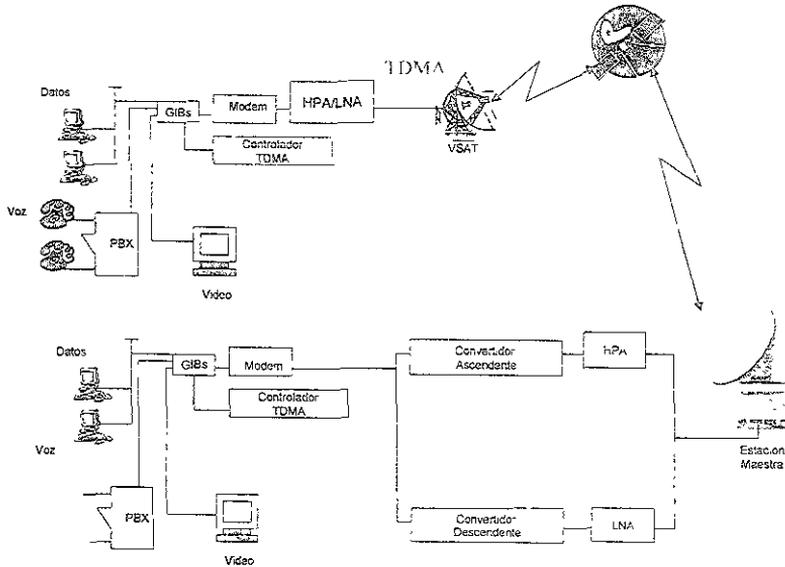


Fig. 5.6 Diagrama a bloques de un nodo y central bancaria en acceso TDMA

En la Fig. 5.7 se muestra otro tipo de Acceso Múltiple llamado SCPC, que es utilizado en el sistema para conectar la Red Bancaria o estación central con los centros regionales para soportar tanto aplicaciones para voz, datos y video.

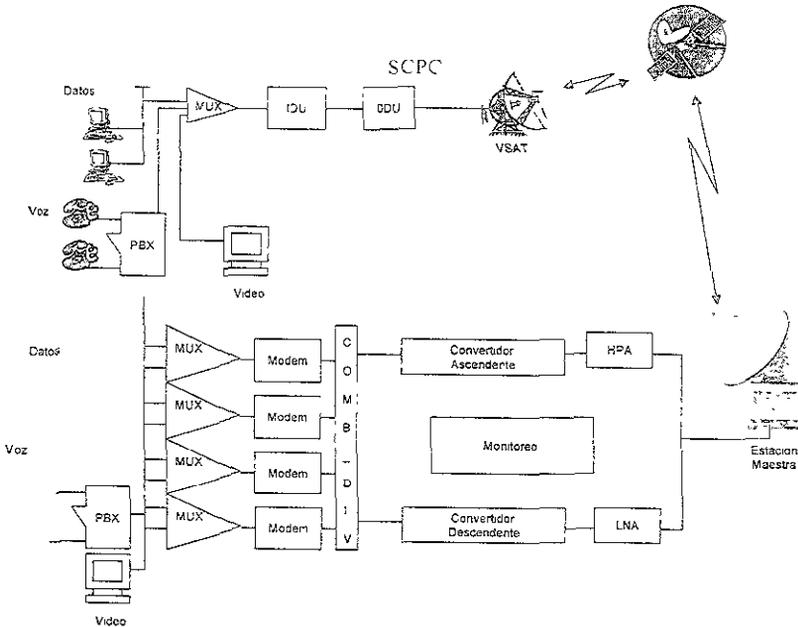


Fig. 5.7 Diagrama a bloques de un nodo y central bancaria en acceso SCPC

También se presenta un diagrama esquemático de los equipos terminales del centro de atención de llamadas que están interconectados a la red bancaria, así como las oficinas regionales tipo I y II

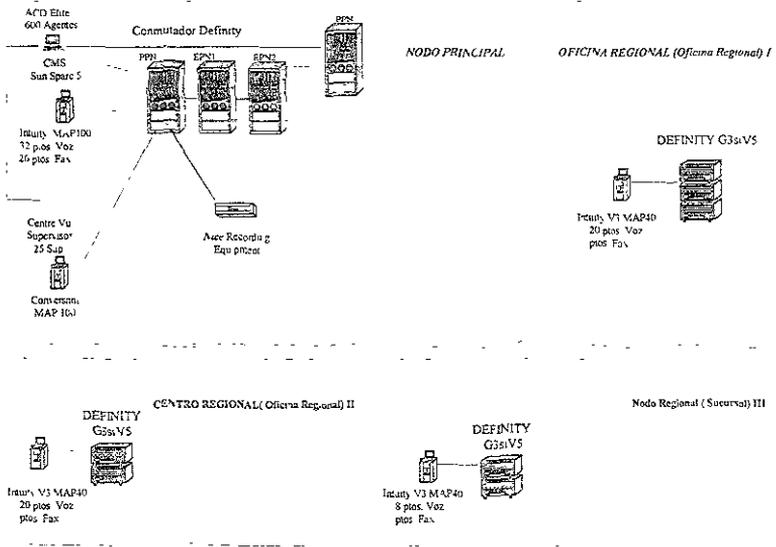


Fig. 5.8 Equipos terminales del centro de atención de llamadas, el cual utilizan para comunicarse con otros nodos las técnicas de acceso de telecomunicaciones y red digital como respaldo.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Hoy en día , existen en la actualidad diversidad de sistemas de comunicaciones cada uno de ellos con una tecnología en particular que cumpla con los requisitos y necesidades del mercado. Debido a que es creciente el número de usuarios , en particular de los sistemas satelitales como de los sistemas celulares, es importante poder satisfacer esa demanda con la menor inversión posible o en su caso con la optimización de los recursos con que se cuente.

De ahí la surge la necesidad de poder acceder o compartir los sistemas entre varios usuarios al mismo tiempo, sin sufrir ninguna interferencia entre si. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: Frecuencia, tiempo o codificación.

Como ya se ha visto en el estudio de los capítulos anteriores, la importancia que tienen las técnicas de acceso en los sistemas de comunicación, ésta importancia resalta en el momento que se esta diseñando el sistema y por el tipo de servicio que se va a proporcionar.

Después del análisis comparativo realizado de cada técnica de acceso, podemos decir , que el uso de cada una de ellas , llámese TDMA, FDMA o CDMA va relacionado íntimamente con el servicio que se va a proporcionar.

Para FDMA observamos que:

- Es un procedimiento de acceso simple.
- Es fácil de configurar los equipos.
- Y sobre todo tiene una fácil aplicación para asignación por demanda en sistemas SCPC.
- Poca flexibilidad para soportar cambios en la configuración.
- Baja eficiencia en el número de portadoras.

Para TDMA:

- Alta eficiencia de utilización, aun cuando se incrementa el número de equipos a acceder.
- Alta flexibilidad para cambiar su configuración.
- Necesita la sincronización de tramas requeridas.
- Se requiere una alta potencia de transmisión de las estaciones terrenas.

Para CDMA:

- Resistencia a interferencias y perturbaciones.
- Resistencia a cambios en varios parámetros de la trayectoria de la transmisión.
- Alta seguridad para conversaciones privadas.
- Pobre eficiencia en el uso de la banda.
- Se requiere de una banda de transmisión muy grande.
- Conveniente para sistemas con varias estaciones con tráfico bajo.

GLOSARIO

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANCHO DE BANDA.

Es el rango de frecuencias que un canal de comunicación es capaz de conducir sin una atenuación excesiva, manteniendo un rango continuo de frecuencias sobre el cual la ganancia no difiera de su valor máximo mas que en una cantidad especifica.

Banda de frecuencias que puede ser reproducida por un amplificador y que representa la diferencia entre dos frecuencias dadas.

ASIGNACION POR DEMANDA

Es un protocolo de acceso para comunicaciones por enlaces compartidos. En el cual algunos intervalos de tiempo de transmisión son reservados temporalmente para algunos usuarios según su demanda. Para estabilizar enlaces de retorno durante periodos de gran trafico entre distintos modos de asignación.

ATENUACION.

En sistemas de comunicación por satélite generalmente es una pérdida en la fuerza de la señal. La atenuación de la señal puede deberse a varios factores como la interferencia ambiental, una obstrucción o un mal apuntamiento de la antena, degradación de los circuitos integrados.

AM Modulación de Amplitud.

Es una de las tres formas de modificar las señales de ondas sinusoidales, para hacer que éstas "lleven" información. La amplitud de las ondas sinusoidales llamadas portadoras, es modificada de acuerdo con la información a ser transmitida.

BANDA BASE.

Es una señal de información, que se convierte a partir de su banda de frecuencias original a una banda mas adecuada para transmisión a través del sistema de comunicaciones. Las señales de banda base se convierten en frecuencia alta en el transmisor y se convierten en frecuencia baja en el receptor.

BACK OFF

Es el proceso de reducir los niveles de potencia de entrada y salida del amplificador del satélite, lo cual permite operar en una región mas lineal.

BANDA KU.

Es el espectro de frecuencia utilizado por la mayoría de los sistemas. Dentro de la banda ku de aproximadamente 10 a 18 GHz, las estaciones transmiten de 14-14.5 GHz y reciben de 12.2-12.7 GHz.

BANDA ANCHA (O BANDA EXPANDIDA).

Servicios de las compañías de teléfonos para transmitir datos a velocidades considerablemente más rápidas que aquellas del nivel de voz.

BANDA ANGOSTA.

Es una facilidad provista por las compañías de teléfonos para transmitir a velocidades hasta 150 bits por segundo.

BAUDIO.

Unidad de la velocidad de transmisión que es igual al número de cambios de una señal en un segundo. La relación entre baudios y bits por segundo depende del diseño del modem o data set. En algunos de estos, se tiene una relación de uno a uno. En otros modems, la proporción de baudios puede ser la mitad o un tercio de la cantidad especificada como bits por segundo.

BIT.

Una contracción de dos términos en inglés Binario y Digit. Un bit tiene dos valores cero (0) o uno (1), los cuales determinan los estados de la señal. Estos son denominados como falso o cierto, apagado o encendido, activo o inactivo, etc

BLOQUE.

Es un número de caracteres de datos contiguos que forman un mensaje o parte de él.

CANAL.

Una sola frecuencia de radio para la transmisión de datos por satélite.

CANAL DE TRANSMISION.

Conjunto de medios necesarios para asegurar la transmisión de señales entre dos puntos.

CANAL DE COMUNICACION.

Es una línea telefónica o de otro tipo provista por los servicios de comunicación, ya sean públicos o privados.

CCITT.

(Consultative Committee of International Telegraph and Telephone) Comité Internacional de Consulta para Telégrafos y Teléfonos parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU (del inglés International Telecommunication Union), el cual es una organización de las Naciones Unidas; CCIT de las recomendaciones o acuerdos internacionales, para sistemas de comunicaciones a nivel internacional, incluyendo datos.

CENTRAL.

El computador central y los periféricos asociados de un sistema de comunicación. Usualmente incluye un procesador, periféricos de soporte, archivos de acceso directo y un multiplexor de comunicaciones con adaptadores.

CICLO.

Patrón que se repite en una onda o función periódica. La frecuencia es expresada en ciclos por segundo. Por ejemplo, la nota musical central A de un piano, produce 440 ciclos por segundo (Véase Hertz)

CIRCUITO.

Tiene dos significados, uno (circuito de transmisión) que indica la comunicación por medio de líneas entre dos o más puntos; y el segundo (circuito electrónico), se refiere a un grupo de componentes eléctricos o electrónicos conectados entre sí, para formar una función específica.

CONCENTRADOR.

Dispositivo que conecta varios enjambes de comunicaciones con un grupo menor de circuitos, para obtener transmisiones relativamente económicas. Ahorra líneas, modems, puertos. También facilita la labor del procesador central y provee cierto respaldo ante problemas.

CONMUTACION DE CIRCUITOS.

La conexión eléctrica directa y temporal de dos o más canales, entre dos o más puntos, con la finalidad de proveer al usuario del uso exclusivo de un canal abierto, con el cual hace intercambio de información. También se le conoce como conmutación de líneas.

CONMUTACION DE PAQUETES.

Se denomina así a la transmisión de datos por medio de paquetes y direcciones determinadas, a través de un canal de comunicación. En cuanto la transmisión del paquete concluye, dicho canal queda disponible para el uso de paquetes que son transferidos entre otros equipos de datos.

CDCS (Continuous Dynamic Channel Selection).

Dinámica Continua De Selección de Canal. El proceso en un sistema de radio del acceso de TDMA tal como DECT por el que un teléfono celular busca continuamente para el mejor de los 120 canales de transmisión disponibles en una célula de disposición de llamada y a través del progreso de una llamada, e interruptores a los nuevos canales según lo requerido.

DATOS DIGITALES.

Información representada por códigos consistentes de una secuencia discontinua de elementos usualmente binarios.

DECT. Se especifica un codec de 32 kbps.

DEMODULADOR.

Dispositivo electrónico que recupera la información de una señal de radio transmisión de frecuencia intermedia, convirtiéndola a señales digitales. Este se encuentra en el lado receptor de un sistema de IF de las estaciones maestras y de

las remotas. Estos están controlados por un RMCC en la estación maestra y por el TMCC en la estación remota.

DCA (Dynamic Channel Allocation).

Asignación Dinámica del Canal.

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).

Telecomunicaciones Inalambrica Realizadas Digital. El estándar de pan-European para los sistemas sin cuerda digitales definidos por CEPT y ETSI, y ratificados en julio de 1992. Desde el principio de 1993, DECT ha sido un estándar obligatorio a través del foro del EU. DECT: Un cuerpo de la industria que consiste en conduciendo los fabricantes y a operadores telecom con un interés en promover DECT por todo el mundo.

DUAL-MODO.

Un teléfono portable que combina dos diversos accesos de red en el mismo teléfono, dar al utilizador mayor movilidad. En el contexto de DECT se toma generalmente para significar un teléfono de DECT/GSM.

ENLACE (Link).

Es un circuito físico entre los puntos, o bien un circuito lógico o conceptual entre dos usuarios de una red de conmutación de paquetes u otro tipo de red de comunicaciones, que les permite comunicarse entre sí (aunque se utilicen diferentes recorridos físicos.

ELEVACION.

En una antena de estación terrena, es el ángulo formado con el plano del horizonte local conforme el plato de la antena se mueve hacia arriba.

FDM (Frequency-Division Multiplex -FDM).

Es un sistema de transmisión simultánea en el cual, el rango disponible de frecuencias de transmisión es dividido en bandas más angostas, cada una utilizada como un canal separado.

FIBRAS OPTICAS.

Filamentos de vidrio u otros materiales transparentes de diámetro muy pequeño, a través de los cuales se puede transmitir a largas distancias un haz de rayos de luz, mediante reflexiones internas múltiples.

FSK (Frequency Shift Keying).

Es un método de modulación de frecuencia en el cual se varía la frecuencia en instantes determinados.

FULL-DUPLEX (FDX).

Modalidad de transmisión simultáneas en dos sentidos usando 4 alambres.

FRECUENCIAS.

En el sistema dos tipos de frecuencias se distinguen. (1) La frecuencia central del convertidor de subida que generalmente corresponde a la frecuencia central del transponedor del enlace de subida del satélite y es ajustado durante la instalación del sistema. (2) Frecuencias del canal, son frecuencias específicas usadas como portadoras individuales para transmitir datos en el enlace satelital

GAP (Generic Access Profile).

Perfil Genérico Del Acceso. Se asegura de que los productos de DECT de diversos fabricantes sean compatibles y conectables.

GIP (GSM Interworking Profile).

Perfil Que intertrabaja Del GSM.

GSM (Global System for Mobile communications).

Sistema global para las comunicaciones móviles. Definido originalmente como estándar de pan-European para una red digital del teléfono portátil, para utilizar Roaming, GSM ahora es uno de los principales estándares sin hilos digitales del mundo.

HALF-DUPLEX.

Circuito diseñado para la transmisión en sentidos alternados sobre un Circuito medio compuesto por 2 alambres. También se dice de un circuito de dos alambres.

HERCIO (HERTZ).

Unidad de frecuencia, que significa 1 ciclo por segundo. Se abrevia Hz.

HANDOVER.

Instante en el cual la conexión sin hilos para un utilizador del teléfono sin cuerda o móvil cambia a partir de una estación baja de radio a otra, o a partir de un canal de frecuencia a otro. En el sistema de DECT, el handover es controlado por el teléfono sin cuerda más bien que por la red de radio, y ocurre en hacer-antes-rompe base de modo que sea imperceptible por el utilizador.

INTERMODULACION.

Fenómeno que ocurre en un sistema no lineal cuando se aplican a la entrada dos o más señales de frecuencias diferentes y que tienen por efecto hacer aparecer a la salida, señales parásitas cuyas frecuencias son respectivamente iguales a la suma y a la diferencia de las frecuencias de las señales incidentes y de sus armónicas.

INTERCONEXION.

En hardware, se aplica al límite entre dos unidades, a través del cual todas las señales que pasan son cuidadosamente definidas. Dicha definición incluye niveles de señal, impedancia, tiempos, secuencia de operaciones y el significado de las señales. En software, hace referencia a las características de la forma empleada para comunicar dos módulos que actúan dentro de un entorno relacionado. Comúnmente, se emplea el término inglés "interface".

INTERCONEXION CCITT.

Normas y recomendaciones que regulan los requisitos de interconexión entre equipos de procesamiento y de comunicaciones de datos. Se toman como recomendaciones para el mercado internacional.

ISDN (Integrated Services Digital Network).

Red de Servicio Digitales Integrados. Una red de telecomunicaciones pública digital en la cual los servicios múltiples (voz, datos, imágenes y vídeo) se pueden proporcionar vía interfaces terminales estándares.

MICROONDA.

Onda electromagnética, con una frecuencia superior a los 900 MHz. Las señales son transmitidas por antenas especiales que deben estar a la vista.

MODEM.

Este nombre deriva de la contracción de dos palabras Modulador y Demodulador. Este dispositivo modula y demodula señales transmitidas sobre las líneas de comunicación. La sección moduladora es usada para la transmisión y la demoduladora para la recepción. El trabajo del modem es convertir las señales digitales en analógicas y viceversa. Este dispositivo es también llamado *data set*.

MODEM ASINCRONICO.

Es un modem que puede recibir y transmitir bits de datos en serie, sincronizados por el adaptador de comunicaciones. Se utiliza en líneas asincrónicas.

MODEM SINCRONICO.

Modem que contiene un circuito de sincronización para regular el flujo de los bits. Este circuito es, normalmente, usado por el adaptador de comunicaciones, para emitir los bits a la velocidad establecida por el pulso de sincronización.

MODULACION.

Es el proceso de modificación de algunas características de la onda portadora de acuerdo con valores puntuales de la información a ser transmitida.

MODULACION DE FASE.

Una de las formas de modificar una onda sinusoidal para hacer que lleve información. A dicha onda sinusoidal se le cambia la fase de acuerdo con valores puntuales de la información a ser enviada. Para transmisión digital se utilizan 2, 4 u 8 cambios.

MULTICANALIZADOR DE COMUNICACIONES (Multiplexor).

Dispositivo que permite la concentración de líneas que operan a distinta velocidad y con diferente protocolo, para economizar componentes de comunicaciones.

MULTICALIZACION.

Es el proceso de acomodar varias conversaciones o señales de varios canales telefónicos en una señal de mayor frecuencia para su transmisión - recepción mas eficiente.

MULTIPLEXAJE.

Proceso reversible destinado a reunir señales de varias fuentes distintas, dando una señal compuesta única para su transmisión por un canal común , este proceso equivale a dividir el canal común en distintos para transmitir señales independientes en el mismo sentido.

MULTIPUNTO.

Forma MULTICANALIZADOR DE COMUNICACIONES de conectar varios lugares para transmitir información entre ellos.

PBX (Private Branch Exchange).

Intercambio De Ramificación Privado. Un sistema de comunicación del negocio que permite llamadas de la extensión a la extensión, y a y desde la red telecom pública.

PCN (Personal Communications Network).

Red De Comunicaciones Personal. Un término usado en el Reino Unido para denotar un servicio móvil de las comunicaciones del mass-market. Ha llegado a ser posteriormente sinónimo con la tecnología (DCS 1800). ETSI ha especificado DCS1800 como estándar para PCN.

PCS (Personal Communications Service).

Servicio Personal De las Comunicaciones. Un término genérico para un servicio móvil de las comunicaciones del mass-market, independiente de la tecnología le proporcionaba.

PIRE.

(Potencia Isotrópica Radiada efectiva) Es la potencia radiada de una estación terrena terminal; es el producto de la potencia de salida del HPA y de la ganancia de la antena.

POLARIZACION.

En una antena de la estación terrena es el ángulo formado por el alimentador y el ORU cuando estos rotan sobre su eje. La polarización vertical es medida a partir de las 12 en punto sentido horario y la polarización horizontal es rotando mas o menos 90 grados de la vertical.

PORTADORA.

Onda de radio generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación.

PSTN (Public Switched Telephone Network).

El Público Cambió La Red De Teléfono. El ordinario, red de teléfono atada con alambre, analógica.

RADIO CELL.

El área servida por una estación baja de radio en un sistema de comunicaciones celular o inalámbrico. es de Aquí de donde el término ' celular ' vino. En un sistema inalámbrico de DECT, la pico-célula es típicamente algunos diez de contadores en diámetro. En una red celular pública, las tallas de célula se extienden de algunos cientos contadores a varios kilómetros. Intercambio de radio: En una instalación sin cuerda del PBX, el intercambio de radio proporciona a un interfaz entre el PBX y las estaciones bajas de radio.

ROAMING.

Capacidad de un usuario del teléfono inalámbrico o móvil de viajar de la localización a localización, con continuidad en las comunicaciones. Utilizado por una red celular de las estaciones bajas de radio. En un sistema sin cuerda de la multi-célula DECT, el Roaming se permite dondequiera en el sitio cubierto por el sistema.

RF (Equipo de radio frecuencia).

Parte de la electrónica de exteriores cercana a la antena en la estación remota y en la estación maestra. Convierte la frecuencia del satélite a la frecuencia intermedia; incluye amplificador, convertidores de subida y convertidores de bajo ruido.

R.F. (Radio FRECUENCIA).

Frecuencia a la cual se radia la energía electromagnética. En los sistemas satelitales se utiliza para radiar las señales hacia el satélite, o bien del satélite hacia la estación terrena. Estas frecuencias son superiores a las acústicas e inferiores a las de la luz y el calor.

WLL (Wireless Local Loop).

Bucle Local De la Radio.

TDD (Time Division Duplex).

Mida el tiempo Del Duplex De la División. Una técnica para manejar la comunicación (de dos vías) a dos caras múltiple dentro del mismo canal de radio, dividiendo el canal en timeslots. En DECT hay 12 timeslots a dos caras (24 en total).

TDMA (Time Division Multiple Access).

Acceso Del Múltiple De la División Del Tiempo. La tecnología de radio digital usada en el estándar de DECT. Los canales del discurso son creados dividiendo los canales de radio en el dominio de tiempo en 12 timeslots a dos caras. Los estándares celulares tales como G/M, DCS1800, PCS1900, digital-AMPS y PDC también utilizan tecnología de TDMA, pero con diversos números de timeslots.

TMCC (Controlador de comunicaciones maestro de transmisión).

Modulo de control que junto con el RMCC realiza la interface del conmutador de paquetes con la red satelital. El TMCC (1) acepta malla X.25 del conmutador de paquetes y combina estos con los mensajes de supervisión del NCS para rutear a todas las subestaciones de la red. (2) genera mensajes para todos los RCC's y RMCC's asociados a fin de sincronizar el temporizado de la red; (3) monitorea y controla el modulador; y (4) guarda estadísticas del trafico y del desempeño del enlace.

TRANSPONEDOR.

Es aquella parte del satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambia la frecuencia y la retransmite nuevamente a una estación terrena con una cobertura determinada.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

- Electronic Communication Techniques
Paul H. Young
Third Edition
Page 736-749
- Electronic Communications
Dennis Roddy, Johil Coolen
Four Edition
Prentice Hall
Colocación TK5105, R56
Page 742-743
- Sistemas Electrónicos Digitales
Fundamentos para procesamiento y transmisión de datos
Rafael Sánchez L.
Editorial Alfaomega
Cap. 6
- Principles of Communications Satellites
Gary D. Gordon and Walter L. Morgan
Page 114
- Comunicaciones y redes de procesamiento de datos
Nestor Gonzalez Sainz
Mc. Graw Hill
(Sist. Comunicaciones Cap. 3 y 4)
- Sistemas de Comunicaciones Electrónicas
Wayne Tomasi
Prentice Hall
Second Edition
Page 773-789
- Telecommunications Technology Hand Book
Daniel Minoli
Editorial Artech House

- Digital Communications
Fundamentals and Applications
Sklar Bernard
Ed. Prentice Hall
Cap. 9 Multiplexaje y acceso múltiple
Cap. 10 Técnicas de espectro extendido (Spread Spectrum)
- Digital Communications
Haykin Simon
Ed. Wiley
Cap. 9 Spread-Spectrum Modulation
- Digital Communications by Satellite
Bhargava, Haccoun, Matyas, Nups!
- Digital Communication Systems Design
Martin S. Roden
- Satellite Communications Systems
Systems, Techniques, and Technology
G. Maral, M. Bousquet
- Satellite Communications
Timothy Pratt, Charles W. Bostian
- Satellite Communications Systems Design
Sebastiano Tirró
- Digital Communications by Satellite
Spilker
- Principles of Communications Satellite
Gordon, Morgan
- Digital Communications
Feher
Tema TDMA
- Introduction to Digital Communications
Ziemer Peterson