

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS DE LAS DIFERENTES TECNICAS DE
ACCESO PARA LOS SERVICIOS DE MULTIMEDIA
EN LOS SISTEMAS INALAMBRICOS DE
TERCERA GENERACION (3G)

POR

ING. FAUSTINO ZUNIGA REYES

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON
ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE DE 2002

TM
Z5853
.M2
FIME
2002
.Z8



1020149025

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS DE LAS DIFERENTES TECNICAS DE
ACCESO PARA LOS SERVICIOS DE MULTIMEDIA
EN LOS SISTEMAS INALAMBRICOS DE
TERCERA GENERACION (3G)

POR

ING. FAUSTINO ZUÑIGA REYES

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON
ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE DE 2002

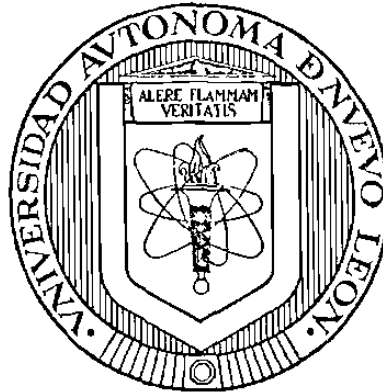
98793'

TM
Z5853
.M2
FTME
0002
.Z8



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO PARA
LOS SERVICIOS DE MULTIMEDIA EN LOS SISTEMAS
INALÁMBRICOS DE TERCERA GENERACIÓN (3G)**

POR

ING. FAUSTINO ZUÑIGA REYES

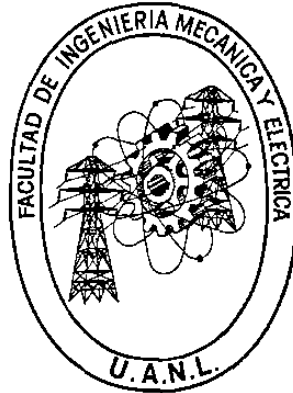
TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
DICIEMBRE DEL 2002**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO PARA
LOS SERVICIOS DE MULTIMEDIA EN LOS SISTEMAS
INALÁMBRICOS DE TERCERA GENERACIÓN (3G)**

POR

ING. FAUSTINO ZUÑIGA REYES

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
DICIEMBRE DEL 2002**

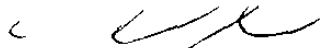
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis **“Análisis de las diferentes técnicas de acceso para los servicios de multimedia en los sistemas inalámbricos de tercera generación (3G)”** realizada por el **Ing. Faustino Zúñiga Reyes #matricula 549184** , sea aceptada para su defensa como opción al grado de **Maestro en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Telecomunicaciones.**

El Comité de Tesis



M.C. Catarino Alor Aguilar
Asesor



M.C. Ciro Calderon Cárdenas
Coasesor



M.C. Fernando Estrada Salazar
Coasesor



Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodriguez
Vo/Bo.

División de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, N.L., Diciembre de 2002.

PRÓLOGO.

El avance que han tenido los sistemas móviles de primera y segunda generación se enfocó principalmente en el desarrollo de modulación, códigos, protocolo, entre otros, más sin embargo, dicho esfuerzo fue mínimo en la tecnología relacionada con antenas.

Por tal motivo los sistemas de tercera generación introducen nuevos conceptos o diseño tales como: inteligencia, sistema auto-configurables y alta eficiencia.

En la búsqueda de tales diseños que resuelvan los conceptos anteriores la atención ahora se ha enfocado en: métodos de filtraje espacial, técnicas de antenas avanzadas, antenas adaptativas y antenas inteligentes.

En todo ello un aspecto de especial importancia lo constituye la sección de RF (Radio Frecuencia) de los transreceptores móviles y de la estación base. En este aspecto ubicamos nuestro trabajo de investigación, particularmente en el amplificador de potencia del terminal, línea de investigación de gran actualidad.

ÍNDICE.

SÍNTESIS	1
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.2 OBJETIVO DE LA TESIS.	4
1.3 HIPÓTESIS.	4
1.4 LÍMITE DEL ESTUDIO.	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.	5
1.6 METODOLOGÍA.	6
1.7 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	7
2 MARCO TEÓRICO.	8
2.1 ANTECEDENTES.	8
2.1.1 TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO.	9
2.1.2 FDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.	9
2.1.3 TDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO.	10
2.1.4 CDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO.	11
2.1.5 ALOHA PURO.	12
2.1.6 SLOTEED –ALOHA.	13
2.1.7 R-ALOHA.	15
2.2 MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.	16
2.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.	17

3 SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES Y NORMATIVAS INTERNACIONALES.	19
3.1 INTRODUCCIÓN.	19
3.2 CONCEPTO CELULAR EN LOS SISTEMAS DIGITALES DE COMUNICACIONES MÓVILES.	22
3.2.1 CONCEPTO DE RE-USO DE FRECUENCIA.	25
3.2.2 MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE CÉLULAS CO-CANALES.	26
3.2.3 RELACIÓN PORTADORA INTERFERENCIA (C/I).	28
3.2.4 FRECUENCIA DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DIGITALES DE COMUNICACIONES MÓVILES CELULARES.	30
3.2.5 FUNCIONAMIENTO DEL HANDOVER.	31
4 CANAL DE RADIO Y MODELOS DE PROPAGACIÓN.	34
4.1 INTRODUCCIÓN.	34
4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE PROPAGACIÓN.	35
4.2.1 MODELO DEL ESPACIO LIBRE.	36
4.2.2 MODELO KAFARU.	37
4.2.3 MODELO DE SAKAGMI Y KUBOI.	37
4.2.4 MODELO DE LEE.	37
4.2.5 MODELO DE IBRAHIM Y PARSONS.	38
4.2.6 MODELO DE OKUMURA.	39
4.2.7 MODELO DE HATA.	40
4.2.7.1 FACTORES DE CORRECCIÓN ADICIONALES.	41
4.3 ESTUDIO DEL CANAL DE RADIO MÓVIL.	43
4.3.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO EN UN CANAL MÓVIL.	44
4.3.2 MODELO DE CLARKE.	44

4.3.3 MECANISMOS BÁSICOS DE PROPAGACIÓN.	46
4.3.3.1 REFLEXIÓN.	46
4.3.3.2 DIFRACCIÓN.	46
4.3.3.3 DISPERSIÓN.	46
4.4 CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE CANALES RADIO MÓVILES.	47
4.4.1 CANAL GAUSSIANO.	47
4.4.2 CANAL CON DESVANECIMIENTOS TIPO RAYLEIGH.	48
4.4.3 CANAL CON DESVANECIMIENTOS TIPO Rician.	48
4.5 DESVANECIMIENTOS.	49
4.5.1 DESVANECIMIENTO LENTO.	49
4.5.2 DESVANECIMIENTO RÁPIDO.	50
4.5.3 DESVANECIMIENTO POR MULTITRAYECTORIA.	50
4.6 CONCLUSIONES.	51
5 ESTUDIOS DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO EN LOS SISTEMAS DE 3G. (FDMA, CDMA, TDMA, PRMA).	52
5.1 CARACTERÍSTICAS DE FDMA.	52
5.1.1 ESTRUCTURAS DE FDMA.	53
5.1.1.1 DMA/MCP. UNA PORTADORA POR ESTACIÓN.	53
5.1.1.2 FDMA/MCPC. UNA PORTADORA POR ENLACE.	54
5.1.1.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES.	54
5.1.1.4 FDMA/SCPC.	55
5.1.1.5 ASIGNACIÓN BAJO DEMANDA.	56
5.1.1.6 MEJORA POR ASIGNACIÓN BAJO DEMANDA.	57
5.1.1.7 EFICIENCIA (TROUGHPUT).	57
5.1.2 APLICACIONES DE FDMA.	58
5.1.3 CONCLUSIONES FDMA.	58

5.2 CARACTERÍSTICAS DE CDMA.	58
5.2.1 ESTRUCTURAS DE CDMA.	58
5.2.1.1 SALTO EN FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING).	59
5.2.2 CDMA: VENTAJAS E INCONVENIENTES.	60
5.3 CARACTERÍSTICAS DE TDMA.	61
5.3.1 ESTRUCTURAS DE TDMA.	61
5.3.2 ESTRUCTURA DE TRAMA.	62
5.3.3 SINCRONIZACIÓN.	62
5.3.3.1 LAZO ABIERTO.	63
5.3.3.2 LAZO CERRADO	63
5.3.3.3 ADQUISICIÓN DE SINCRONISMO.	64
5.3.3.4 EFICIENCIA TDMA7FDMA.	64
5.4 ACCESO POR CONTIENDA O ACCESO ALEATORIO.	65
5.4.1 ALOHA PURO.	65
5.4.2 ALOHA RANURADO.	66
5.4.3 EFICIENCIA ALOHA.	66
6 ANÁLISIS DEL PROTOCOLO PRMA.	67
6.1 QUE ES PRMA.	67
6.2 INTRODUCCIÓN.	68
6.3 MODELO DEL SISTEMA.	69
6.4 MODELO PARA EL TRÁFICO.	70
6.4.1 EL TRÁFICO DE VOZ.	71
6.4.2 EL TRÁFICO DE DATOS.	71
6.4.3 EL TRÁFICO DE VIDEO.	72
6.5 DESCRIPCION DEL PROTOCOLO DE SIMULACIÓN.	73
6.6 PROSESO DE LA SIMULACIÓN.	74
6.7 RESULTADOS.	76

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	80
7.1 CONCLUSIONES.	81
7.2 RECOMENDACIONES.	81
GLOSARIO.	82
LISTADO DE FIGURAS.	89
LISTADO DE TABLAS.	90
LISTADO DE GRÁFICAS.	91
AUTOBIOGRAFÍA.	92

SÍNTESIS.

Dentro de los desarrollos tecnológicos generados en esta época, como son las computadoras, los sistemas de comunicación por satélite, microondas, entre otros. Se encuentra uno que en un principio se pensó que no podrían tener futuro por sus altos costos de mantenimiento y servicio, como lo era hace casi tres décadas la telefonía celular.

En un principio se manejó el uso de protocolos de transmisión en frecuencia modulada sin protección, lo que conllevó al posterior robo de la señal para hacer un uso inadecuado de las líneas de los usuarios como el consumo o recargo de llamadas no realizadas por el mismo si no por personas que localizaron la frecuencia de transmisión y la clonaron en otro teléfono.

Debido a esto se fueron desarrollando diferentes tipos de transmisión que fueron teniendo una gran ventaja ya que la señal iba encriptada y con más protección que su anterior método.

Después, con el avance de la tecnología, no solo se pensó en transmitir voz dentro de los sistemas inalámbricos. Al principio se pensó en transmitir imágenes fijas como lo son las fotos y funcionó muy bien pero el impacto fue creciendo al grado que después se empezó a transmitir mensajes escritos. Con el paso del tiempo empieza la integración de video en movimiento y surge la necesidad de tener más ancho de banda para la transmisión de toda esa cantidad de información y surgen protocolos de transmisión aparte de la modulación para poder ayudar en el transporte de este tipo de tráfico como lo son CDMA, FDMA, TDMA y por último PRMA.

Este ultimo es el tema central de esta tesis donde se abordara las características de este protocolo para la integración de los servicios de multimedia (video, voz, y datos) dentro del mismo medio como lo es el canal inalámbrico.

El protocolo de transmisión PRMA ofrece muchas ventajas como son el manejo de paquetes reservados para voz, datos y video, soporte de encriptación y facilidad de manejar el ancho de banda mas eficientemente dentro de el canal.

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Debido a que los sistemas inalámbricos de tercera generación (3G) deberán de tener la capacidad de soportar servicios multimedia tales como voz, video y datos que requieren de un mayor ancho de banda, puesto que este tipo de tráfico debe de ser conducido a través de un canal inalámbrico, compartido con ancho de banda limitado, se requiere de un protocolo de acceso múltiple con capacidad de manejar de manera integrada dicho tráfico. Los protocolos de acceso múltiple actualmente empleados en los sistemas móviles inalámbricos están diseñados para manejar un solo tipo de tráfico. Por lo regular de voz y en algunos casos de datos pero a muy baja

velocidad, y no se incluye video y sonido juntos en estos casos produciendo que los teléfonos que en la actualidad existen no cubran la necesidad cada vez mas grande de poder acceder a los diferentes servicios, quedando obsoleto a consecuencia de ello.

1.2 OBJETIVO DE LA TESIS.

En esta tesis propongo la Demostración que el prototipo de protocolo PRMA cumple con las necesidades de servicios multimedia superando a los que en la actualidad se encuentran en el mercado. Se compararán las características ofrecidas por el protocolo PRMA, con las de otros protocolos de acceso múltiple ya existentes en el mercado como el TDMA, FDMA y CDMA.

1.3 HIPÓTESIS.

Mi supuesto a ser probado es que el protocolo Packet Reservation Multiple Access (PRMA) (Reservación de Acceso Múltiple de Paquetes) ha sido pensado como un protocolo con capacidad de manejo de tráfico de multimedios, para poder mejorar el servicio en los sistemas de tercera generación y constatar que el protocolo PRMA combina las ventajas de los protocolos de acceso múltiple de conmutación de circuitos y de paquetes en un solo protocolo de acceso y así poder constatar que el protocolo cumple o supera las normas existentes ya especificadas en el mercado.

1.4 LÍMITE DEL ESTUDIO.

Los límites del estudio para esta tesis, están dirigidos principalmente a los sistemas inalámbricos de tercera generación por un lado y por otro lado a los aparatos que pueden recibir los servicios de multimedia por vía inalámbrica. Además con el objetivo de aumentar el caudal eficaz y la capacidad del sistema PRMA utiliza detección de actividad de voz, que al ser empleada únicamente los paquetes son generados durante el tiempo de actividad de voz (talk spurts), permitiendo así que los otros móviles empleen el canal durante el tiempo de inactividad (quiet spurts). También debo aclarar que queda fuera de estudio los teléfonos de segunda generación, hacia abajo porque no cumplen con todos los estándares para poder recibir este tipo de servicio. En el mismo caso caen los teléfonos que solo cumplen con las características parciales para poder utilizar este protocolo de transmisión.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.

La justificación del estudio de esta tesis, viene radicando en la necesidad de establecer una base matemática para poder demostrar que al igual que TDMA, FDMA y CDMA; PRMA, divide el canal en tiempos de ranura. Se utiliza herramientas matemáticas complejas como lo son las series de Fourier y las transformada de Laplace, para poder comprobar si estos canales son clasificados ya sea de reserva o disponibles. Además la herramienta computacional llamada Matlab, se utiliza para checar, si el tiempo de ranura está disponible, para que los usuarios que tienen datos que transmitir contienen por la ranura de comunicación, por medio de un protocolo de acceso múltiple.

1.6 METODOLOGÍA.

ACTIVIDAD 1: Investigación de las características del canal radio en las frecuencias de 800 y 1900 MHz.

ACTIVIDAD 2: Investigación del estado de los modelos de la propagación en el espacio libre (entorno urbano y exteriores).

ACTIVIDAD 3: Investigación de la tecnología de los sistemas móviles celulares de tercera generación (3G).

ACTIVIDAD 4: Investigación de las estructuras de las diferentes técnicas de acceso FDMA, TDMA, CDMA y PRMA en los sistemas de (3G).

ACTIVIDAD 5: Instalación del programa de análisis matemático para poder modelar los resultados obtenidos.

ACTIVIDAD 6: Modelar los parámetros de calidad de las tramas de paquetes en los sistemas de tercera generación (3G).

ACTIVIDAD 7: Simulación de los parámetros de las diferentes técnicas de acceso haciendo comparación entre ellas.

ACTIVIDAD 8: Evaluación numérica del diseño con parámetro óptimo de las técnicas de acceso en los sistemas de tercera generación (3G).

1.7 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Dentro de la realización de este trabajo de tesis, fueron consultados varios sites de Internet acerca del protocolo PRMA. De tal forma debido al gran auge de este tema que tiene hoy en día en los enlaces de los sistemas de comunicaciones móviles digitales, no existe libros que hablen acerca de este protocolo. Más sin embargo existen publicaciones y referencias bibliografías que se encuentran en Internet.

Algunas de ellas se tomaron de las siguientes direcciones. Para la elaboración de esta tesis se tomo como referencia las primeras direcciones que muestran los artículos referentes a este protocolo y las demás referencias se tomaron como consulta.

www-ice.eng.cam.ac.uk/~shw23/research/Papers/Wong_20010910.pdf

www.comsoc.org/pubs/sample/twc/private/2002/jan/pdf/01wc01-benelli.pdf

www.prma.org/

www.stibbar.com/prma.html

www.peerreviewboard.com/terms.asp

www.owenscorning.com/comminsul/applications.asp?application=35&system=80

www.pole-musiques.com/prma/liste.php3

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 ANTECEDENTES.

Los nuevos sistemas de comunicaciones digitales crean un desafío en el incremento del consumo de potencia para los dispositivos de radio frecuencia (RF) utilizados en los receptores inalámbricos por varias razones. Como un ejemplo de ello, la siguiente generación propuesta de banda ancha de acceso múltiple por división de códigos (conocido como WCDMA), previene la separación del ancho de banda de la señal de 1.3MHz a 5MHz. acomodar la señal resultante.

En base a lo anterior es necesario hacer un análisis de las diferentes técnicas de acceso al medio, con el cual se tomarán en cuenta, que ventajas y desventajas ofrece una con respecto a la otra en la capacidad del ancho de banda. Evitando con ello tener interferencias de canales adyacentes y en

base a esto justificar por que el protocolo PRMA, es una de las técnicas que ofrece ciertas mejoras. En lo que respecta al enlace o interfase de redes inalámbricas.

A continuación se muestra una reseña histórica de estas técnicas de acceso:

2.1.1 TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO.

Acceso aleatorio: Cuando las terminales compiten por el canal y sufren colisiones.

Acceso múltiple: Implica que diversos usuarios puedan hacer uso de un recurso común, en forma organizada, y sin causar interferencias unos con otros.

La importancia del uso de técnicas de acceso múltiple radica en el uso eficiente de un recurso costoso y limitado, como es el satélite, implica que diversos usuarios puedan hacer uso de un recurso común, en forma organizada, y sin causar interferencias unos con otros.

En acceso múltiple se tiene asignado el canal y el usuario puede en transmitir en una ranura de tiempo, frecuencia o con asignación de un código.

2.1.2 FDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.

A las transmisiones de cada estación terrena se les asignan bandas de frecuencias específicas, dentro del ancho de banda del satélite (figura 1).

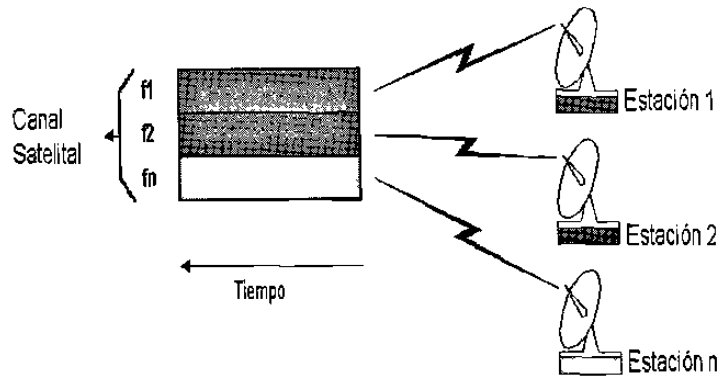


Figura 1.- Esquema básico de transmisión para FDMA.

Las transmisiones de las estaciones terrenas están separadas en el dominio de la frecuencia.

Características de FDMA:

- Es una técnica eficaz, sencilla y económica.
- Los canales de FDMA no requieren sincronización y por ello cada canal es prácticamente independiente.
- El uso de bandas de guarda resulta en desperdicio de ancho de banda.
- La asignación de ancho de banda por demanda incrementa la eficiencia del sistema FDMA.
- Una clara desventaja es el ruido de ínter modulación; se limita la capacidad del sistema.
- FDMA no es la técnica apropiada para el manejo de información digital.

2.1.3 TDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO.

- A diferencia de FDMA, TDMA es necesariamente digital (transmisión a ráfagas).
- El sistema es dividido dentro de ranuras de tiempo (figura 2).

- Cada usuario tiene acceso a todo el ancho de banda durante un corto periodo de tiempo.
- El eje del tiempo es dividido dentro de tramas (frames) de tiempo.
- Una trama es un ciclo completo de transmisión de cada uno de los usuarios (Estaciones terrenas).
- Cada trama tiene una duración de un tiempo T y cada trama está dividida en N ranuras de tiempo (usuarios) con duración T/N .
- Se puede asignar más de una ranura si el tráfico a transmitir es demasiado o existe más de un tipo de servicio (voz, datos y video).
- Únicamente un usuario puede transmitir.

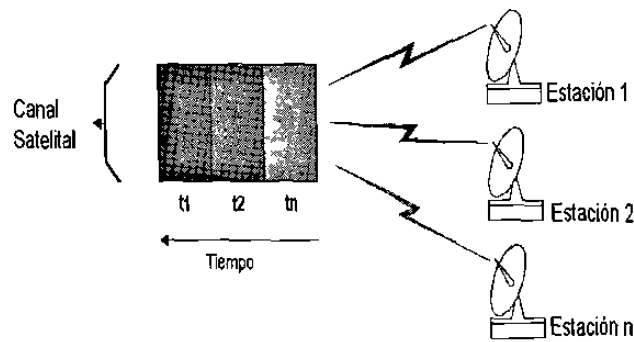


Figura 2.- Esquema básico de transmisión para TDMA.

2.1.4 CDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO.

La técnica de espectro ensanchado fue propuesta en la década de los años 80's como una técnica de acceso múltiple por división de código (CDMA).

La técnica de acceso múltiple por división de código (CDMA) es una técnica de espectro ensanchado (SS) que en lugar de emplear frecuencias o ranuras de tiempo, como se hace en las tecnologías tradicionales, utiliza códigos para transmitir y distinguir entre múltiples usuarios, que por tanto, podrá compartir el mismo ancho de banda. Dicho de ancho de banda es mucho

mayor que el requerido para un enlace simple punto a punto a la misma velocidad de datos, dado que utiliza secuencias pseudoaleatorias PN.

Las principales ventajas de CDMA, con relación a los otros sistemas de acceso múltiple (FDMA y TDMA) son, entre otras:

- Incremento a la capacidad.
- Incremento a la calidad de voz.
- Aumento en la privacidad y seguridad.
- Simplificación en la planificación del sistema celular.
- Reducción en el número de llamadas perdidas debido a fallos en el traspaso.
- Desarrollo de un mecanismo de transporte fiable para comunicaciones inalámbricas.
- Coexistencia con tecnologías ya existentes.

Los métodos avanzados aplicados en la tecnología comercial CDMA permite una mejora sustancial en: la capacidad del sistema, área de cobertura y calidad de voz. Por estas características CDMA ha sido elegida como una de las técnicas de acceso para los sistemas de tercera generación en comunicaciones inalámbricas.

2.1.5 ALOHA PURO.

La idea básica de un sistema Aloha es sencilla: permitir que los usuarios transmitan cuando tengan datos por enviar. Por supuesto habrá colisiones y las tramas en colisión se destruirán. Sin embargo, debido a la propiedad de retroalimentación de la difusión, un transmisor siempre puede saber si la trama fue destruida o no escuchando el canal, de la misma manera que los demás usuarios. Los sistemas en los que varios usuarios comparten un canal común de modo tal que puede dar pie a conflicto se conocen como sistemas de *contención*.

Una vez que dos tramas tratan de ocupar el canal al mismo tiempo, habrá una colisión y ambos se alterarán. Si el primer de una trama nueva traslapa el último bit de una trama casi terminando, ambas tramas se destruirán por completo y ambas tendrán que retransmitirse después. La suma de comprobación no puede (y no debe) distinguir entre una pérdida total y un encuentro cercano.

La probabilidad de que k tramas sean generadas durante un tiempo de trama dado está dada por la distribución de Poisson:

$$P_r[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (1)$$

así la probabilidad de cero tramas es simplemente e^{-G} . En dos ranuras de dos tiempos de trama de longitud, el número medio de tramas es de $2G$. La probabilidad de que no se inicie otro tráfico durante todo el periodo vulnerable está dada entonces por $P_0 = e^{-2G}$. Si $S = GP_0$, obtenemos:

$$S = Ge^{-2G}$$

La relación entre el tráfico ofrecido y la eficiencia ('throughput') se muestra en la eficiencia máxima ocurre en $G=0.5$, con $S=1/2e$, que es aproximadamente 0.184. En otras palabras, lo más que podemos esperar es un uso del canal del 18%.

2.1.6 SLOTEED –ALOHA.

En 1972 se publicó un método para duplicar la capacidad de un sistema Aloha. La propuesta fue dividir el tiempo en intervalos discretos, correspondientes cada uno a una trama [6]. Este enfoque requiere que los usuarios acuerden límites de ranura. Una manera de lograr la sincronización sería tener una estación especial que emitiera una señal al comienzo de cada intervalo, como un reloj.

En S-Aloha se obliga al usuario a esperar el comienzo de la siguiente ranura. Dado que el periodo vulnerable ahora es de la mitad, la probabilidad

de que no haya más tráfico durante la misma ranura que nuestra trama de prueba es de e^{-G} , lo que conduce a:

$$S = Ge^{-G} \quad (2)$$

Como se puede ver en la figura 3, S-Aloha tiene su pico en $G=1$, con una eficiencia de $S=1/e$, o aproximadamente 0.368, el doble que el Aloha puro. Si el sistema está operando a $G=1$, la probabilidad de una ranura vacía es de 0.368. Lo mejor que se puede esperar usando S-Aloha es 37% de ranuras vacías, 37% de éxitos y 26% de colisiones. La operación con valores mayores de G reduce el número de ranuras vacías pero aumenta exponencialmente el número de colisiones. Para ver la manera en que se desarrolla este crecimiento rápido de colisiones con G , considere la transmisión de una trama de prueba. La probabilidad de que se evitará una colisión es de e^{-G} , que es la probabilidad de que los demás usuarios estén en silencio durante una ranura. La probabilidad de una colisión es entonces de sólo $1-e^{-G}$. La probabilidad de que una transmisión requiere exactamente k intentos (es decir $k-1$ colisiones seguidas e un éxito) es

$$P_k = e^{-G}(1-e^{-G})^{k-1} \quad (3)$$

El número esperado de transmisiones, E es

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} kP_k = \sum_{k=1}^{\infty} ke^{-G}(1-e^{-G})^{k-1} = e^G \quad (4)$$

Como resultado de la dependencia exponencial de E respecto a G , pequeños aumentos en la carga pueden reducir drásticamente su desempeño.

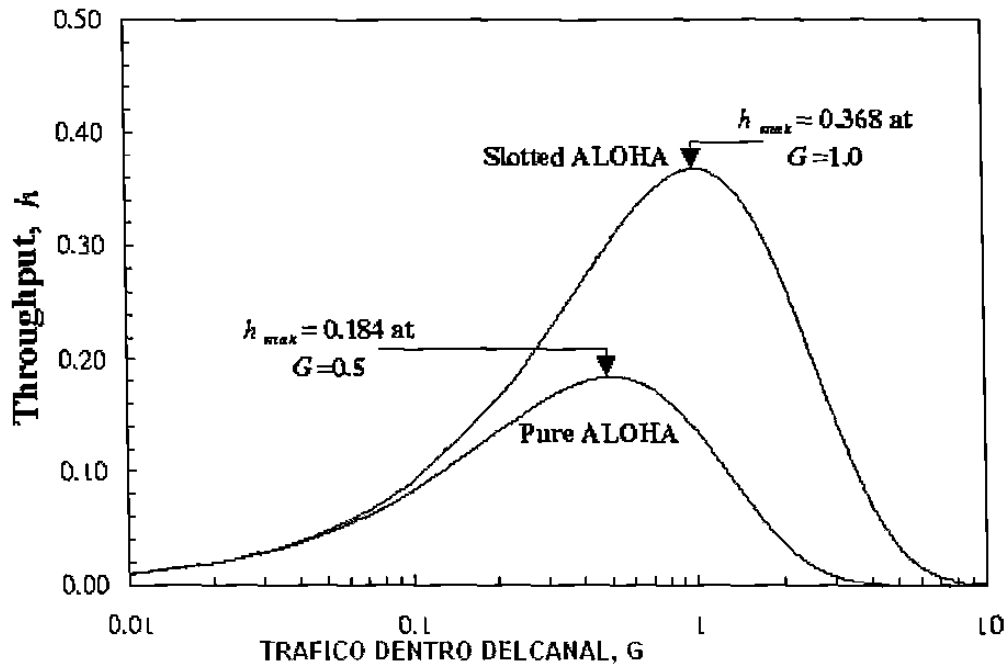


Figura 3.- Eficiencia vs tráfico ofrecido de los sistemas Aloha.

2.1.7 R-ALOHA.

Fue propuesto desde 1973. Los protocolos de acceso múltiple se pueden clasificar en protocolos de acceso aleatorio (los cuales son ideales para multiplexar muchas fuentes de tráfico pequeño) y de acceso controlado (para cargas de 0.8 a 0.9 del canal y donde se requieren de técnicas de poleo), y una conjunción de ambos que son los protocolos de acceso múltiple con reservación, (realizan un multiplexaje estadístico con base al nivel de ráfagas), existen Aloha-reservado (que usa una porción fija del marco para reservación y el resto para información) y R-Aloha (no hay porciones reservadas del marco, cada estación contiene por una ranura y si la obtiene, conserva esa ranura para marcos sucesivos hasta completar la transmisión).

Las terminales contienden por el canal como en S-Aloha y si lo obtienen, lo reservan para transmitir paquetes usando división en tiempo, al contender por el canal se provee retroalimentación de la central receptora.

La reservación de la ranura hace al protocolo apropiado para fuentes multiplexadas estadísticamente que generan mensajes multipaquete.

En R-Aloha, una congestión causa grandes retardos de paquete, en PRMA los paquetes de información de fuentes periódicas, como la voz, son descartados si permanecen mas de cierto tiempo límite en la terminal transmisora, pero aquí nunca se desechan los paquetes haciendo ineficiente al sistema.

2.2 MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.

Una de las tareas clave para el desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación, fue la selección de un esquema de acceso que contara con las propiedades necesarias para la integración de múltiples servicios. Debido a las limitaciones en ancho de banda, este esquema de acceso debería ofrecer una alta eficiencia espectral para garantizar el máximo provecho en capacidad de usuarios, todos con posibilidad de transmisión de datos a altas velocidades. El esquema de acceso proyectado para satisfacer estos requerimientos es el acceso múltiple por división de código en su modalidad de banda ancha.

Uno de los servicios ofrecidos por los sistemas de tercera generación es la información de voz, el cual ha sido y seguirá siendo de acuerdo a las proyecciones, un servicio de intensa utilización. En entornos de alta movilidad, con desvanecimientos por trayectorias múltiples y con otras fuentes de ruido presentes en el canal radio, la información transmitida, incluida la voz, es muy susceptible a degradarse.

Por lo tanto bajo este marco de referencia y conocido el problema a solucionar, es posible definir los objetivos generales de este trabajo de tesis, así como las metas necesarias para alcanzar satisfactoriamente dichos objetivos.

2.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

Este trabajo de tesis consta de seis capítulos, organizados de la siguiente manera:

En el capítulo tres, "Sistemas de Comunicaciones Móviles y Normativa Internacional", se describen los conceptos fundamentales de un sistema de comunicación móvil, los elementos que la conforman (terminal móvil, estación base y estructura celular) y las normativas internacionales para los sistemas de segunda, segunda plus y tercera generación.

En el capítulo cuatro, "Canal Radio y Modelos de Propagación", se describe el medio sobre el que operan los sistemas de comunicaciones móviles, haciendo énfasis en parámetros importantes como son los mecanismos fundamentales de propagación de las señales de radio, los factores de atenuación y las fuentes de distorsión. Se analizan también los modelos de desvanecimiento tipo Gaussiano, Rician y tipo Rayleigh, representativos de los canales radio móviles.

En el capítulo cinco, "Estudio de las estructuras de las diferentes técnicas de acceso en los sistemas de 3G", se definen y se hace un análisis matemático de los parámetros del transreceptor móvil, para justificar el modelo del diseño del amplificador de potencia empleado en los sistemas de comunicaciones móviles.

En el capítulo 6 se desarrolla una simulación para establecer los parámetros de el protocolo PRMA "Desarrollo de la simulación".

Al final se enumeran las conclusiones más importantes extraídas de este trabajo de investigación, así como también las aportaciones relacionadas a esta tesis y el seguimiento que pueda tener en esta área tan importante, como son los sistemas de comunicaciones móviles celulares.

3 SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES Y NORMATIVAS INTERNACIONALES.

3.1 INTRODUCCIÓN.

Dado el tema de investigación de esta tesis resulta importante ubicarlo dentro del contexto de las normativas internacionales. Si bien esto constituiría por sí mismo un estudio muy completo, para fines de esta tesis solo mencionaremos los aspectos más sobresalientes de los sistemas digitales de comunicaciones móviles.

Previo a ello conviene mencionar que se acostumbra clasificar a los sistemas móviles celulares de acuerdo a su desarrollo tecnológico como: de primera, segunda y tercera generación.

Existen algunas normas internacionales utilizadas para los sistemas móviles celulares de segunda y tercera generación. Dichas normas dentro de la segunda generación consideran a los sistemas comerciales: GSM (Sistema Global Móvil), PDC (Celular Digital Personal), IS-54/136 e IS-95. Todos ellos ofrecen tecnología digital, proporcionando voz digital y servicio de mensajes cortos.

Estos sistemas emplean como técnicas de acceso: TDMA (Acceso Múltiple por división de Tiempo). Particularmente resulta de interés en este trabajo la norma IS-95, desarrollada por QUALCOMM como CDMA (Acceso Múltiple por División de códigos) como una alternativa a los sistemas móviles basados en la técnica de acceso TDMA. CDMA mejora de 10 a 20 veces la capacidad de llamada comparado con el sistema AMPS (Servicio Avanzado de Telefonía Móvil) y ofrece mejor resistencia a multitrayectorias, calidad de voz superior y un incremento en la privacidad de las llamadas.

El sistema GSM nace debido a la necesidad de un estándar compatible en toda Europa. Para incrementar la capacidad de la red GSM se ha especificado el sistema DCS (Servicio Digital Celular) 1800 (mismas características del GSM) en la banda 1800MHz.

Dentro de los estándares digitales IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales), para los sistemas móviles de 3ª generación se encuentran la versión europea llamada: UTRA (Servicio Universal de telecomunicación Móvil Terrestre de Acceso por radio), FDD (Duplexado por División de Frecuencia), WCDMA (Ancho de Banda por CDMA), y la versión americana llamada, CDMA2000. En la figura 4 se muestra un resumen a bloques de la evolución de los sistemas digitales de las comunicaciones móviles celulares.

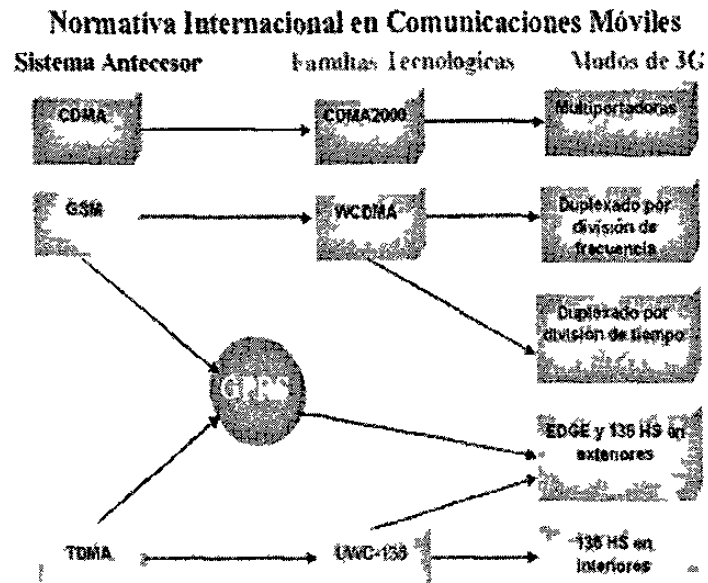


Figura 4.- Representación a bloques de las normativas internacionales en las comunicaciones móviles.

De la figura 4 resulta importante señalar las principales capacidades de la 3ª generación: Transmisión simétrica/asimétrica, 384 bit/s para espacios abiertos, 2Mbit/s para baja movilidad, utilización de ancho de banda dinámico, soporta tanto conmutación de paquetes como de circuitos, diferentes servicios simultáneos, una sola conexión, calidad de voz como en la red fija, mayor capacidad y uso eficiente del espectro.

En la tabla I se muestran las características de los sistemas celulares digitales de tercera generación.

Parámetro	WCDMA	Wideband cdma2000
Ancho de banda	5,10,20MHz	1.25,5,10,15,20MHZ
Velocidad de Chip ¹ (Mchips/seg)	4.096/8.192/16.384	1.2288/3.6864/7.3728/11.0593/14.7456
Longitud de la trama	10ms/20ms(opcional)	20ms para datos y control y 5ms para control de información

Tabla I.- Principales parámetros de los esquemas WCDMA y Wideband cdmaOne.

3.2 CONCEPTO CELULAR EN LOS SISTEMAS DIGITALES DE COMUNICACIONES MÓVILES.

De la misma forma que en el apartado anterior, también de manera muy descriptiva presentaremos los aspectos asociados a la tecnología celular. Las comunicaciones móviles celulares utilizan el espacio libre para transmitir la información del terminal móvil a una estación base y de ésta a un centro de conmutación. Podemos por lo tanto definir que los elementos esenciales de un sistema de comunicaciones móviles celulares son: el terminal móvil, la estación base y la estructura celular. Empezaremos por describir que es la estructura celular, cuando hablamos de una estructura celular, nos referimos a un conjunto de estaciones bases llamadas *celdas* o *cluster*.

Es decir que el concepto de sistema celular se refiere al esquema de funcionamiento y/u organización aportado por la mayoría de los sistemas inalámbricos. A partir de este concepto es posible atender de una manera eficiente a miles de usuarios empleando una porción limitada del espectro radioeléctrico. De acuerdo a las frecuencias empleadas en los sistemas celulares, la señal viaja distancias muy cortas por lo cual se requieren varios transmisores para cubrir una área mayor y se limita el problema de potencia,

ya que el área de servicio es más pequeña tal y como se muestra en la figura 5.

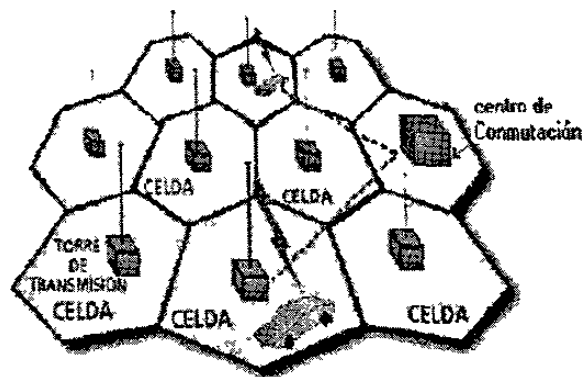


Figura 5.- Concepto celular aplicado a las comunicaciones móviles.

Dada la movilidad del usuario, en dicha figura se observa como viaja la señal a través de las estaciones bases y sus grupos de canales dentro de una zona de cobertura. Este proceso es conocido como roaming o seguimiento de llamada. Los canales disponibles se distribuyen a través de una región y pueden ser reutilizados tantas veces como sea necesario, siempre que la interferencia entre estaciones con el mismo canal se mantenga por debajo de los niveles aceptables

Una manera de clasificar el concepto celular se basa en las zonas de cobertura: macro células, micro células, y pico células las cuales se muestran en la figura 6.

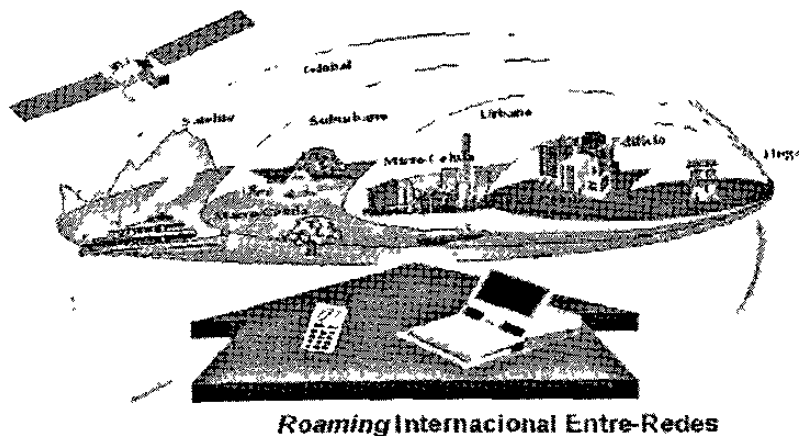


Figura 6.- Representación de la clasificación del concepto celular macro, micro y pico células en los sistemas móviles.

En la figura 6 se muestran, los distintos tipos de cobertura que hay en el ámbito de los sistemas digitales móviles celulares. En la *tabla II* se muestra un resumen de las características más importantes de estas coberturas.

Tipo de celda	Macro célula	Micro célula	Pico célula
Radio de celda	0-30Km	0.5-3Km	m50050-500m
Velocidad media ó máxima del TM..	50Km//h a 500Km//h..	50Km//h a 200Km//h..	10Km//h..
Distancia para un Area de Cobertura de10%:	1Km (Hay visión directa).	20m (No hay visión directa).	2m (Sombra).
Tipo de cobertura	Ciudad ambiente rural.	Zona metropolitana	Interiores
Tiempo de finalización del traspaso de llamada:	<500mseg..	<100mseg..	<100mseg..

Tabla II.- Características más importante de los tipos de cobertura macro, micro y pico células en los sistemas móviles.

Es importante resaltar que en estas coberturas, intervienen la planificación celular y/o el re-uso de frecuencia, los niveles de portadora a

interferencia, las frecuencias de operación, y el proceso del handover² los cuales se van a tratar en los siguientes apartados.

3.2.1 CONCEPTO DE RE-USO DE FRECUENCIA.

Los sistemas de radio celulares se basan en la colocación estratégica de las estaciones bases normalmente en el centro de la célula, así como de la reutilización de los canales a través de una región de cobertura. Al proceso de diseño de seleccionar y colocar grupos de canales en todas las estaciones bases dentro de un sistema, se le llama reutilización de frecuencias ó planificación de frecuencias.

La Figura 7 ilustra el concepto de reutilización de frecuencias, donde las celdas con el mismo número utilizan el mismo grupo de canales. Los canales disponibles en el sistema se dividen en clusters de células, y estos racimos pueden entonces repetirse para permitir que las frecuencias sean reutilizadas en cada racimo sin ninguna interferencia de un co-canal. Los racimos se arreglan regularmente en grupos de 4, 7, 12, y 21 para asegurar un patrón de cobertura regular.

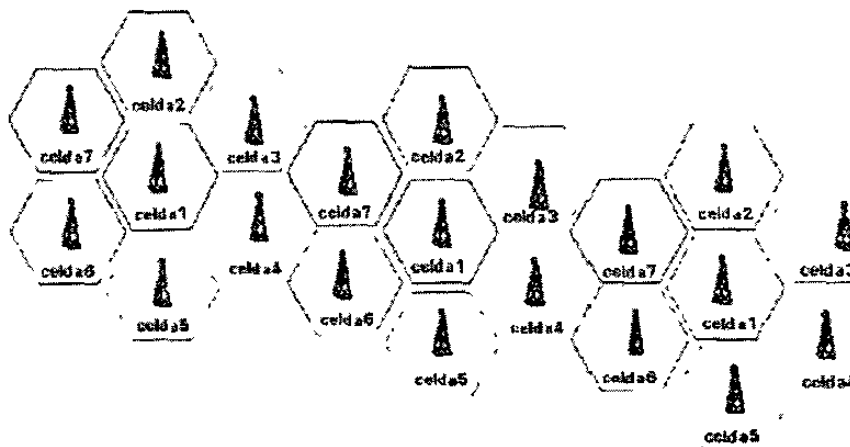


Figura 7.- Concepto de re-uso de frecuencia.

3.2.2 MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE CÉLULAS CO-CANALES.

Este método se emplea para encontrar el vecino más próximo co-canal de una célula y evitar el problema de teselación es decir, para evitar los traslape o empalmamientos de las frecuencias de operación y así definir de nuevo en que sector o región va a estar colocado otra célula con la mismas características. Para localizar el cocanal lo que se hace es que se toman dos valores i y j como números enteros y positivos y se mueven n veces i a lo largo de una cadena de hexágono y después se giran 60° en contra de la manecilla del reloj para mover n veces j y encontrar donde va a estar la nueva célula co-canal.

Para encontrar la distancia que hay de una célula a otra se obtiene de la siguiente expresión.

$$D^2 = 3R^2(i^2 + j^2 + ij) \quad (5)$$

donde D es la relación de la distancia entre el centro de la célula, R es el radio de la célula e i y j representas los desplazamientos de traslación para encontrar el siguiente cocanal.

Por otra parte N que representa el tamaño del cluster, se puede representar por una relación de áreas como:

$$N = \frac{\text{Área del cluster}}{\text{Área de celda}} \quad (6)$$

donde *Área del cluster* es $\sqrt{\frac{3}{2}}D^2$ igual ay *Área de celda* es igual a $3\sqrt{\frac{3}{2}}R^2$.

Sustituyendo los respectivos valores y simplificando estas expresiones en la ecuación (4) se obtiene lo siguiente:

$$N = \frac{3}{2} \frac{D^2}{3} = \frac{D^2}{3R^2} = \frac{3R^2(i^2 + j^2 + ij)}{3R^2} \quad (7)$$

$$N = (i^2 + j^2 + ij).$$

Con la expresión anterior se puede calcular los posibles valores de tamaño de clusters. Un ejemplo de esto sería obtener un tamaño de cluster de 7, para este caso se toma un valor de i igual a 2 y j igual a 1, y se hace la traslación como se muestra en la figura 8 para encontrar el siguiente co-canal.

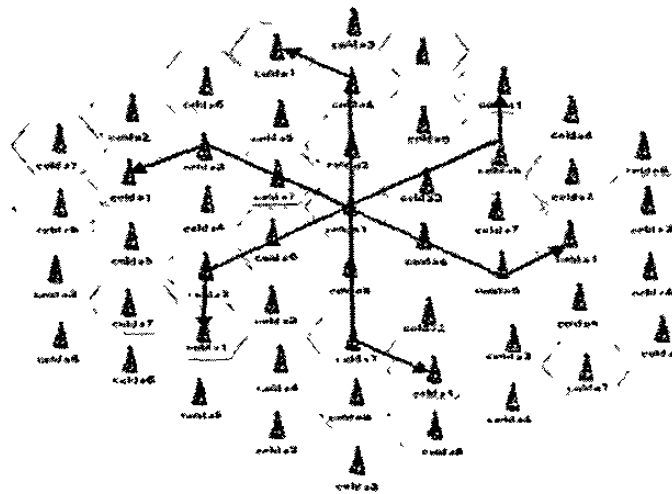


Figura 8.- Re-uso de frecuencial empleando el método de traslación.

En la tabla II se hace un resumen de los diferentes traslaciones de i e j para obtener tamaño de clusters de 4,7,9,12,13,19 y 27.

i/j	0	1	2	3
0	0	1	4	9
1	1	3	7	13
2	4	7	12	19
3	9	13	19	27

Tabla III.- Tamaño del cluster en relación a los valores (i, j) para hacer la traslación y encontrar el siguiente co-canal.

El valor del cluster es una función de que tanta interferencia un móvil o una estación base puede soportar manteniendo una calidad de servicio aceptable de portadora a interferencia (C/I) del cual hablaremos en el siguiente punto.

3.2.3 RELACIÓN PORTADORA INTERFERENCIA (C/I).

El nivel de portadora depende desde luego del nivel de atenuación en función de la distancia del nivel de potencia de transmisión, del radio de la celda y de las características del medio de propagación. Estas características hace que la relación portadora a interferencia C/I tengan mayor peso y representatividad en los sistemas de comunicaciones móviles que la relación C/N (Portadora a ruido).

$$\text{Lo anterior se puede representar como: } C = \frac{\alpha P_{TX}}{R^{\gamma}} \quad (8)$$

Donde α , representa la atenuación debida a la distancia, P_{TX} es la potencia transmitida, R es el radio de la celda, γ es la pendiente de propagación y C es la portadora.

Respecto a la interferencia en está hay muchas fuentes que provocan este fenómeno de interferencia situándose en el caso más desfavorable en el que todas las estaciones bases interfirieren entre sí, ésto se representa de la siguiente manera:

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha P_{TX}}{d_i^y} \quad (9)$$

donde **N** representa el número o tamaño del cluster y **d** la distancia entre estación base y móvil.

Por lo tanto en base a las expresiones anteriores y suponiendo que las potencias son iguales y que todas las estaciones bases son iguales, podemos obtener la siguiente expresión:

$$\frac{C}{I} = \frac{\frac{I}{R^y}}{\sum_{i=1}^N \frac{I}{d_i^y}}, \quad (10)$$

Lo anterior significa que los interferentes próximos son los que más nos interesa analizar. Tomando en cuenta que normalmente seis interferentes situados a la misma distancia forma lo que se conoce como una corona. Esta corona indica la relación C/I que debe de existir en los radios de celda para asegura una calidad de 9dB impuesta para los sistemas digitales. Esto puede ser obtenido de la siguiente manera:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6} \left(\frac{D}{R} \right)^y, \quad (11)$$

3.2.4 FRECUENCIA DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DIGITALES DE COMUNICACIONES MÓVILES CELULARES.

Es importante considerar las frecuencias de operación ya que las condiciones ambientales afectan a las señales de manera diferente en función de su frecuencia. Algunos fenómenos meteorológicos como la niebla, la lluvia y la nieve deterioran en mayor medida a las transmisiones de altas frecuencia.

En la figura 9 se muestran los intervalos de frecuencias para canales inalámbricos. Podemos notar que las bandas de frecuencias que nos interesan son las de VHF y UHF principalmente, ya que en ellas se ubican las frecuencias asignadas para los sistemas de comunicaciones móviles celulares.

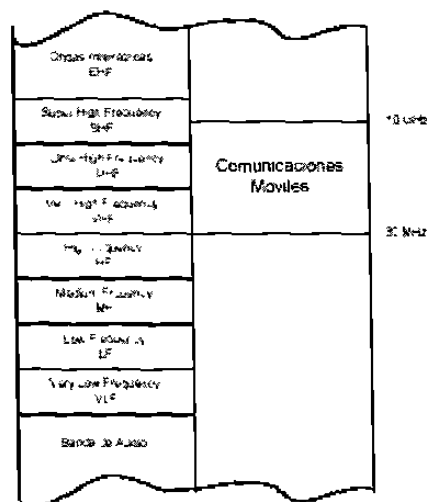


Figura 9.- Intervalos de frecuencias para comunicaciones móviles.

En la *Tabla IV* se indican las frecuencias de operación ascendentes y descendentes para los sistemas de comunicaciones móviles más importantes tanto del sistemas americano como de los sistemas europeos .

SISTEMA DE COMUNICACION	FRECUENCIAS DE OPERACION (MHz) ENLACE ASCENDENTE / DESCENDENTE
AMPS (Advanced Mobile Phone System)	869-894 824-849
PCS (Personal Communications Service)	1930-1990 1850-1910
ETACS (Enhanced Total Access Communications System)	917-950 872-905
GSM (Global System for Mobile Communications)	935-960 890-915
IS-54, IS-136 TDMA	869-894 824-849
IS-95 CDMA	869-894 824-849

Tabla IV.- Frecuencias de operación de los sistemas de comunicaciones móviles actuales.

3.2.5 FUNCIONAMIENTO DEL HANDOVER.

Con el fin de dar soporte a la movilidad del terminal móvil, los sistemas móviles cuentan con una serie de funciones específicas, denominadas funciones de movilidad. Entre ellas destacan la actualización de la posición, las funciones asociadas al establecimiento de llamada (que llamaremos genéricamente localización) y el Handover.

La importancia de estas funciones radica en que, junto a las limitaciones en los servicios ofrecidos que impone el empleo de una interfaz radio, determinan la necesidad, de una infraestructura diferente a una aplicación de las capacidades desarrolladas en los sistemas que dan soporte a las comunicaciones fijas.

El registro de la posición del terminal móvil, permite conocer la localización de cualquier usuario activo, esté o no en movimiento de forma lo suficientemente precisa como para poder establecer una comunicación eficiente, del soporte de un sistema de bases de datos en el que se almacene de forma actualizada la posición de cada terminal.

La función de localización o registro implica una estrategia de búsqueda del terminal móvil por parte de la red. El Handover o transferencia de llamada entre estaciones bases debida al movimiento del terminal, resultará en operación mucho más compleja, sobre todo desde el punto de vista de la red.

La función del Handover consiste en asegurar la continuación de la llamada una vez que está ha sido establecida. Se define como Handover a la función que supone un cambio de canales físicos sean del usuario y/o estación base durante una llamada manteniendo dicha llamada.

En los sistemas de primera y segunda generación, el Handover se produce siempre como consecuencia de un cambio en las condiciones de recepción por parte del móvil y/o de la estación base, entre elementos (estaciones base) del mismo nivel jerárquico y sin que se produzca un cambio en los servicios portadores. Además, se trata de una operación relativamente infrecuente.

En los sistemas de tercera generación, podrán producirse Handovers a petición de la red; se podrán producir entre elementos con distinta funcionalidad o pertenecientes a diferentes proveedores de servicios; y podrán implicar el cambio del servicio portador que soporta el servicio que se proporciona.

Este cambio puede ser causado por el propio movimiento del terminal (al pasar de una célula a otra), o debido a factores como el perfil del usuario, la capacidad del sistema, gestión de la red, entre otros.

Como puede verse en la figura 10 el traspaso de llamada que debe realizarse en la red fija no es una tarea insignificante, y más si se tiene en cuenta que el Handover puede ocurrir entre estaciones base situadas en diferentes centrales locales o incluso en diferentes centrales de tránsito.

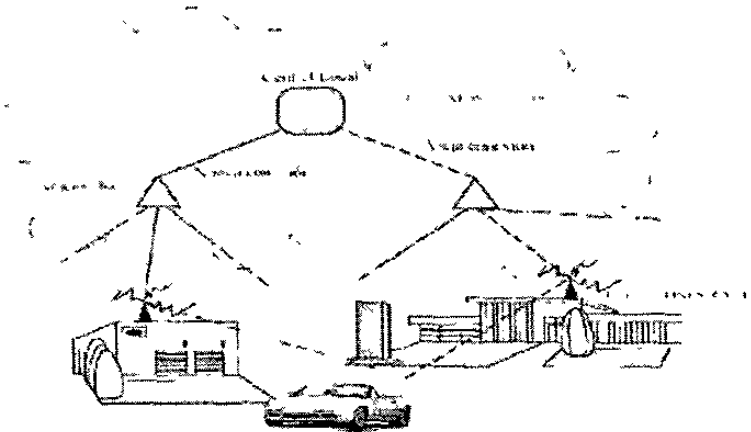


Figura 10.- Traspaso de llamada (handover) en un sistema móvil.

Como consecuencia de la arquitectura de la estructura celular existente en la red el punto de traspaso puede estar situado a cualquier nivel en la red.

Concluyendo: como una estrategia para ir acercándose al objetivo de esta tesis. En este capítulo hemos expuesto los conceptos de los elementos más importantes y normativas involucradas en los sistemas de comunicaciones móviles celulares. A partir de ello podemos pasar ahora al análisis de la problemática asociada canal radio y modelos de propagación en el espacio libre, todo lo cuál será tratado en el siguiente capítulo.

4 CANAL DE RADIO Y MODELOS DE PROPAGACIÓN.

4.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo discutiremos las características de propagación y de multitrayectorias de las ondas de radio, así como también los modelos de propagación para la aplicación en un entorno de áreas urbanas y semi-urbanas en los sistemas móviles celulares.

La eficiencia del servicio en las comunicaciones móviles está fuertemente ligada con la calidad lograda en la transmisión, por lo tanto el canal radio coloca limitaciones fundamentales en la eficiencia de estos sistemas ya que una señal transmitida por este medio se ve atenuada debido a diferentes factores.

Como primer punto discutiremos las pérdidas por propagación, las cuales se determinan en base a diferentes características existentes en el ambiente en el que se realiza la transmisión, tales como el tipo de ciudad, características de la misma, así como los parámetros de las antenas como son: las alturas, potencia de transmisión, frecuencia de operación, entre otros. Para la determinación de estas pérdidas, existen diferentes modelos de propagación.

El estudio del canal radio será de utilidad para el desarrollo de este trabajo de tesis ya que las comunicaciones móviles utilizan como medio de transmisión el canal radio (espacio libre). Debido a ello es importante tener definida la problemática que involucra la transmisión de información a través del espacio libre con posibilidades de no tener una visión directa entre el móvil y la estación base.

Por lo tanto dado al enfoque de esta de tesis, resulta de particular interés el estudio del canal radio y los modelos de propagación.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE PROPAGACIÓN.

Atendiendo a su naturaleza, los modelos de propagación pueden ser clasificados como:

- **Modelos empíricos.** Se recurre a una fórmula en la que se involucran los factores principales que influyen en la propagación.
- **Modelos determinísticos.** Están basados en curvas o expresiones que recrean un conjunto de mediciones de datos. Estos modelos tienen la ventaja de tomar implícitamente los factores de propagación, tantos conocidos como desconocidos.

- **Modelos semiempíricos** Están basados sobre ecuaciones derivadas para o **semideterminísticos**. la aplicación de métodos determinísticos para modelos genéricos urbanos o modelos de interiores.

En base a lo anterior se describirán de una forma general los modelos de propagación que han sido desarrollado en las ultimas décadas.

4.2.1 MODELO DEL ESPACIO LIBRE.

Es un modelo ideal de propagación en el que existe visibilidad entre la antena transmisora y la antena receptora. En el espacio libre las ondas electromagnéticas se disminuyen como una función del inverso del cuadrado de la distancia **d**. Expresada en su forma lineal las pérdidas por propagación en el espacio libre viene dada por:

$$L_p = \frac{4\pi\lambda^2}{d^2}, \quad (12)$$

Donde λ es la distancia de la longitud de onda. Lo anterior también se puede representar en forma logarítmica como:

$$L_p = -32.3 - 20 \log(f) - 20 \log(d), \quad (13)$$

Donde f es la frecuencia de transmisión en MHz.

Este modelo es ampliamente utilizado en sistemas de comunicación vía satélite y de comunicaciones en donde se requieran distancias espaciales muy grandes. Para nuestro caso en los sistemas de comunicaciones móviles celulares, hay que considerar una serie de pérdidas adicionales debidas a obstáculos terrestres y a la existencia de trayectorias múltiples, para ello recurriremos a otros modelos que se mencionaran a continuación.

4.2.2 MODELO KAFARU.

El modelo de Kafaru se basa en la clasificación de los tipos de uso de terreno o suelo. Este método considera la localización de construcciones, tamaño, número de construcciones, altura y variaciones de altura entre otras. En base a este método se llegó a una clasificación basada en varias funciones de densidad considerando funciones estadísticas.

4.2.3 MODELO DE SAKAGMI Y KUBOI.

El modelo de Sakagi y Kuboi está basado en el modelo de Okumura utilizando un método de regresión múltiple, es un modelo solo para áreas de tipo urbana y semiurbana, al no manejar factores de corrección se convierte en un modelo muy imitado.

La principal restricción de este modelo es que no se puede usar para estudios en áreas rurales.

4.2.4 MODELO DE LEE.

El modelo de Lee es utilizado para áreas urbanas y semi-urbanas y predice la potencia recibida P_r en dBm de la siguiente manera:

$$P_r = A - b \log(d) - n \log\left(\frac{f}{900}\right) + 10 \log \alpha, \quad (14)$$

donde d es la distancia en kilómetros entre las antenas transmisoras y receptoras y f es la frecuencia en MHz. Los parámetros A y B dependen de las características ambientales (áreas urbanas o semi-urbana), el factor n puede tomar un valor de 2 ó 3 dependiendo del área y la frecuencia a la cual se esté transmitiendo y el parámetro α se obtiene de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{h_t^2 h_r^m p_t g_t g_r}{3660}, \quad (15)$$

Donde h_t y h_r representan la altura de la antena en metros, p_t es la potencia transmitida en watts, g_t y g_r son las ganancias de la transmisión y recepción de las antenas respectivamente, y m depende de la altura de la antena receptora y toma un valor de 2 cuando es mayor de 10 metros y de 3 cuando es menor de 3 metros.

4.2.5 MODELO DE IBRAHIM Y PARSONS.

Ibrahim utilizó una base de datos de utilización de tierra, para tres frecuencias diferentes (168, 445 y 900MHz). La antena transmisora fue colocada a 46 metros sobre la superficie de la tierra. Los datos fueron basados en calles de 500 m, las cuales se clasifican en diferentes categorías de uso. Ibrahim extrajo dos factores:

- **Primero**, el factor **L** de utilización de tierra, definido como el porcentaje de la calle bajo consideración que está cubierto por edificios.
- **Segundo**, un grado de urbanización **U**, definido como el porcentaje del área edificada dentro de la cuadra que está cubierta por edificios altos. En este contexto, “alto” significa edificios con cuatro o más pisos.

El análisis mostró que estos parámetros están altamente correlacionados con las pérdidas por trayectoria y resultan apropiados para el modelado de propagación.

4.2.6 MODELO DE OKUMURA.

Este modelo fue desarrollado por Yoshihisa Okumura en 1968.

Sus principales características son:

Pueden ser utilizados para las siguiente áreas de cobertura

- **Área abierta.** Aquélla en la que no hay árboles o edificios en el trayecto de propagación.
- **Área suburbana.** Aquélla con algunos edificios pequeños y árboles, la zona cercana al móvil tiene algunos obstáculos pero de poca importancia.
- **Área urbana.** Con edificios altos y juntos.

Además el modelo está basado en mediciones hechas dentro y alrededor de Tokio.

Con intervalo de frecuencia: Hasta 1920 MHz (extrapolando hasta 3000 MHz), y está basado en pérdidas por trayectorias en el espacio libre con distancia de 1 km a 1000 km. El modelo de Okumura es uno de los modelos más usados para predicciones en áreas urbanas. Okumura desarrolló un conjunto de curvas de atenuación media relativa para espacio libre (A_{mu}) en un área urbana sobre un terreno casi-suave con una altura de la antena de la estación base efectiva (h_{te}) de 200 m y una altura de la antena del móvil (h_{re}) de 3 m. Estas curvas fueron desarrolladas usando una antenas omni-verticales para ambos (base y móvil) y son graficadas como función en un intervalo de frecuencia de 150 a 1920MHz y como una función de distancia desde la estación base en el intervalo de 1km a 100km.

Para calcular las pérdidas por propagación utilizando el modelo de Okumura, primero se determinan las pérdidas en espacio libre y el valor de $A_{mu}(f,d)$, leído en las curvas que Okumura desarrolló, siendo éstos sumados

a los factores de corrección (inclinación, combinación tierra-mar, tipo de suelo, aislamiento por montaña).

Entonces las pérdidas por propagación están dadas como:

$$L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA}, \quad (16)$$

Donde:

$L_{50}(dB)$: es el 50% del valor de las pérdidas por trayectorias de propagación.

L_F : son las pérdidas por trayectorias en el espacio libre.

A_{mu} : es la atenuación media relativa en el espacio libre.

$G(h_{te})$: factor de ganancia de la altura de la antena de la estación base.

$G(h_{re})$: factor de ganancia de la altura de la antena del móvil.

G_{AREA} : es la ganancia debido al tipo de contorno (medio ambiente).

4.2.7 MODELO DE HATA.

Está derivado del artículo de Okumura con el fin de que sus resultados puedan ser más fácilmente aplicables, mediante una expresión empírica. La fórmula de Hata se aplica a ciertos intervalos de parámetros de entrada y es válido solamente para terreno casi-suave.

Es válido para:

100 – 1500MHz (f_c).

distancia emisor-receptor: 1 – 20Km (R).

altura efectiva antena estación base: 30 – 200m (h_b).

altura efectiva antena estación móvil: 1 – 10m (h_m).

Considera:

Pérdida de propagación entre antenas isótropas.

Terreno moderadamente llano (casi-plano), no irregular.

Fórmula estándar para las pérdidas en zona urbana (para otro tipo de terreno habrá que aplicar correcciones).

La expresión para las pérdidas en zona urbana es:

$$L_p(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_T - a(h_R) + (44.9 - 6.55 \log h_T) \log R.$$

$a(h_R)$ es el factor de corrección para la altura de la antena del móvil:

Para ciudad de tamaño mediana o pequeña:

$$a(h_R) = (1.1 \log f_c - 0.7) h_R - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{dB}.$$

Para ciudad grande:

$$a(h_R) = 8.29 (\log 1.54 h_R)^2 - 1.1 \text{ si } f_c < 200 \text{ MHz}.$$

$$a(h_R) = 3.2 (\log 11.75 h_R)^2 - 4.97 \text{ si } f_c > 400 \text{ MHz}.$$

Las correcciones para otros tipo de área son:

área suburbana:

$$L_{50} = L_{50}(\text{área urbana}) - 2 [\log (f_c/28)]^2 - 5.4(\text{dB}).$$

área abierta:

$$L_{50} = L_{50}(\text{área urbana}) - 4.78 (\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94(\text{dB})$$

donde la altura efectiva de la antena de la estación base se calcula según Okumura.

4.2.7.1 FACTORES DE CORRECCIÓN ADICIONALES.

Los factores de corrección adicionales, en forma gráfica, son usados en el cálculo en la orientación de la calle, transmisión en áreas urbanas y rural y sobre terreno irregular.

Estas correcciones pueden ser sumadas o restadas como sea necesario. Los parámetros relacionados, que son evaluados para determinar varios factores de corrección, incluye:

1. Altura de la antena de la estación base efectiva (H_{Te}).
2. Variación de la altura del terreno (h).

3. Aislamiento por la altura de un terreno elevado (por ejemplo: montaña).
4. Inclinação promedio del terreno.
5. Combinación de trayectoria de terreno _ mar.

Una vez que los parámetros relacionados al terreno son calculados los factores de corrección necesarios pueden ser sumados o substraídos como se requieran.

A partir del proceso de investigación de los principales modelos de propagación, en este trabajo se realizó un simulador en Matlab que nos permite encontrar las pérdidas por propagación. Para el desarrollo del simulador de canal radio, se hace la combinación de Hata-Okumura.

Con Hata se calcula las pérdidas de propagación y se le suman las pérdidas por los factores de corrección por Okumura.

Dicho modelo es válido para:

- Intervalo de frecuencia: 100 – 1500MHz (f_c).
- Distancia emisor-receptor: 1 – 20Km (R).
- Altura efectiva antena estación base: 30 – 200 m (h_b).
- Altura efectiva antena estación móvil: 1 – 10 m (h_m).

Considera:

Pérdidas de propagación entre antenas isótropas. Terreno moderadamente llano (casi-plano), no irregular. Fórmula estándar para las pérdidas en zona urbana (para otro tipo de terreno habrá que aplicar correcciones).

Calcula las pérdidas propagación en una zona urbana en exteriores considerando diferentes tipo de ciudades y factores de corrección y calcula la intensidad del campo eléctrico en áreas rurales.

4.3 ESTUDIO DEL CANAL DE RADIO MÓVIL.

Las comunicaciones móviles tuvieron un gran desarrollo tecnológico y comercial a partir de la introducción del concepto de re-uso de frecuencia, propuesto por la compañía Bell a fines de los años cuarenta. A partir de entonces las redes de comunicaciones móviles han sido construidas en una estructura celular.

Este canal se caracteriza porque al menos una de las terminales involucradas en la comunicación se encuentra en movimiento, debido a que el canal de comunicación utiliza el espacio libre y la atmósfera como medios de transmisión. Por lo tanto hablar del canal radio es un concepto muy amplio ya que cualquier información que se transmite a través del espacio libre cae dentro de esta categoría. Como es el caso de las transmisiones en interiores de edificios y en exteriores, las transmisiones a través de terminales fijas y en movimiento, las transmisiones dentro y fuera de la atmósfera terrestre, entre otras En el caso de las redes radio celulares, las estaciones bases son fijas, mientras que las terminales que utilizan los usuarios tienen libertad de movimiento. Debido a ello el canal de comunicación de mayor interés es el canal móvil, el cual introduce las principales limitantes en las prestaciones de los sistemas digitales de comunicación móviles celulares.

4.3.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO EN UN CANAL MÓVIL.

Las comunicaciones móviles celulares tienen lugar entre una estación base y un determinado número de terminales móviles. Esto ocurre dentro de una célula, tradicionalmente estas células eran de gran tamaño con radios de cobertura de hasta 30 kilómetros, lo que reduce la probabilidad de contar con visión directa entre las estaciones móviles y la estación base.

En años recientes se han instalado células de cobertura menor, donde las oportunidades de visión directa son más probables. A estas células se les conoce como micro células y tienen radios de cobertura que oscilan entre los 100 y los 1000 metros.

Las micro células dan cobertura a áreas pequeñas tales como parques y tramos de calles. La presencia de un camino de visión directa entre la estación base y el terminal móvil causan un profundo impacto en la propagación de las señales de radio, lo que significa que las características de propagación son altamente dependientes a la forma y tamaño de las células.

4.3.2 MODELO DE CLARKE.

Dado lo anterior y como parte del proceso de investigación en este aspecto, se estudió el modelo de **Clarke**, el cual considera dada la existencia de la onda electromagnética propagándose en el canal radio, la existencia de “*n*” ondas planas de igual magnitud, y la señal transmitida polarizada verticalmente. El modelo de **Clarke** determina los componentes del campo en el móvil, en el punto de recepción expresadas éstas como:

$$\begin{aligned}
 E_z &= E_0 \sum_{n=1}^N C_n \cos(\omega_z + \theta_n), & E_z &= \frac{E_0}{\eta} \sum_{n=1}^N C_n \sin(\omega_c + \theta_n), \\
 H_y &= \frac{E_0}{\eta} \sum_{n=1}^N C_n \cos \alpha_n \cos(\omega_c t + \theta_n), & &
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Donde θ_n es el ángulo de fase relativo a la fase portadora. E_0 es la amplitud de "n" onda plana y η es la impedancia intrínseca.

Debido a que el canal radio es extremadamente aleatorio y de análisis complicados, la ruta de transmisión entre el transmisor y receptor puede variar al no tener una visión directa (LOS₃), con lo cual la señal puede ser obstruida por edificios, montañas y vegetación, lagos. A esto se le conoce como mecanismo de propagación de la señal de radio, y pueden atribuirse principalmente a los fenómenos de reflexión, difracción y dispersión. La mayoría de los sistemas celulares operan en áreas urbanas y las múltiples reflexiones de las señales de radio en edificios y estructuras hacen que la estación móvil reciba una gran cantidad de versiones de la señal transmitida, en lugar de una sola.

Los mecanismos de propagación mencionados anteriormente dan origen a desvanecimientos, pérdidas por trayectoria y distorsiones (efecto Doppler), lo que a su vez se traduce en una reducción señal a ruido SNR₄ y en un aumento en la tasa de errores BER.

De hecho, cada versión de la señal transmitida llega a la estación móvil con un retardo de tiempo, un desfasamiento de amplitud, fase y frecuencia determinadas por la trayectoria seguida por la señal desde la estación base hacia la estación móvil. Debido a lo anterior, las señales recibidas por las estaciones móviles son sustancialmente diferentes a las versiones transmitidas. El nivel de la señal recibida se mejora cuando las señales de las diferentes trayectorias interfieren constructivamente en la antena de la estación móvil, sin embargo ocurre lo contrario cuando interfieren destructivamente. A este fenómeno de atenuación se le conoce como *desvanecimiento multi-trayectorias* y puede ser tan profundo que la señal recibida sea esencialmente cero.

4.3.3 MECANISMOS BÁSICOS DE PROPAGACIÓN.

Los tres mecanismos básicos de propagación de las señales de radio son la reflexión, la difracción y la dispersión. Estos mecanismos dan origen a desvanecimientos, pérdidas de trayectoria y distorsiones, lo que a su vez se traduce en una reducción de la relación señal a ruido SNR y un aumento en la tasa de errores BER.

4.3.3.1 REFLEXIÓN.

La señal de radio frecuencia (RF) es reflejada cuando incide sobre una superficie de mayor longitud que su longitud de onda, por ejemplo la superficie terrestre, paredes y edificios. Cuando una señal de radio que se propaga a través de un medio incide en otro medio de propiedades eléctricas diferentes, es parcialmente reflejada y parcialmente transmitida. Si la onda plana incide en un dieléctrico perfecto, entonces parte de la energía es transmitida al segundo medio y el resto es reflejada al medio del cual proviene.

4.3.3.2 DIFRACCIÓN.

El fenómeno de difracción permite que las señales de radio se propaguen sobre la superficie curva de la Tierra y a través de obstáculos. Se puede decir que la señal de RF se flexiona para vencer obstáculos entre el transmisor y receptor. A pesar de que la intensidad de la señal recibida decrece rápidamente conforme un receptor se introduce a mayor profundidad en una región obstruida (región sombreada), el campo de difracción generalmente proporciona una señal útil con suficiente intensidad.

4.3.3.3 DISPERSIÓN.

La señal recibida en un canal móvil es siempre más intensa de lo que se pudiera predecir a través de los fenómenos de reflexión y difracción. Esto es debido a que la energía reflejada es distribuida hacia todas direcciones cuando una onda de radio incide sobre una superficie rugosa (superficie de menor tamaño que la longitud de onda de la señal incidente). Algunos

objetos tales como postes de iluminación, árboles, y anuncios de tránsito tienden a distribuir la energía hacia todas direcciones.

4.4 CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE CANALES RADIO MÓVILES.

En un canal móvil es importante conocer la naturaleza estadística de variación de las señales. Las propiedades estadísticas son producto de las condiciones del entorno y de la distancia de separación entre el transmisor y receptor, las cuales favorecen que uno u otro parámetro de propagación sea predominante (tales como reflexión, difracción, dispersión, trayectorias múltiples).

Por tal motivo, el canal Gaussiano, los canales con desvanecimientos tipo Rayleigh y tipo Rician son tres canales de propiedades estadísticas claras y diferenciadas.

4.4.1 CANAL GAUSSIANO.

Un canal Gaussiano es el más simple y normalmente se le conoce como canal de ruido blanco aditivo gaussiano (AWGN⁶). Básicamente se trata del ruido generado en el receptor, cuando la trayectoria de transmisión es casi ideal.

Se considera que el ruido tiene una densidad espectral de potencia constante a lo largo de todo el ancho de banda del canal y una función de distribución de probabilidad de su amplitud de tipo Gaussiana. Se puede considerar que este tipo de canal es irrealizable bajo condiciones de movilidad, sin embargo con el uso de micro-células y pico-células es posible tener visión directa (LOS) con trayectorias múltiples prácticamente nulas.

4.4.2 CANAL CON DESVANECIMIENTOS TIPO RAYLEIGH.

Otro efecto importante es el desvanecimiento de Rayleigh; dado que la fase de las trayectorias múltiples será modificada por las reflexiones, en el caso de una señal directa y una señal reflejada con una diferencia de fase de 180° producirá la cancelación de la señal a la entrada del receptor.

4.4.3 CANAL CON DESVANECIMIENTOS TIPO RICIAN.

En los sistemas digitales de comunicaciones móviles celulares basados en microcélulas es común que existan líneas de visión directa entre los móviles y la estación base, aparte de las versiones reflejadas y dispersas. Esta trayectoria dominante reduce en forma significativa la intensidad de los desvanecimientos. La función de distribución de probabilidad de la envolvente recibida es de tipo Rician.

En este punto resulta conveniente introducir el parámetro de Rician dado por:

$$E = \frac{POTENCIA_DE_LA_TRAYECTORIA_DOMINANTE}{POTENCIA_DE_LAS_TRAYECTORIAS_DISPERSAS} \quad (17)$$

Es importante notar que cuando **K** vale cero el canal es tipo Rayleigh, mientras que si **K** es infinito, el canal es Gaussiano.

4.5 DESVANECIMIENTOS.

Una onda de radio también puede ser reflejada por cualquier objeto en la atmósfera; una montaña, un edificio, un aeroplano, entre otros. Estas reflexiones producirán necesariamente diferentes trayectorias creando uno de los problemas más difíciles en la transmisión de la radio. La dispersión por retardo (propagación de la señal por diferentes trayectorias), producirá que la señal viaje por múltiples trayectorias las cuales llegarán con una diferencia en el tiempo, produciendo una deformación por retardo.

Los modelos de propagación centran sus predicciones en el promedio de la potencia de la señal recibida en una distancia desde el transmisor, considerando también la variabilidad de la potencia de la señal en una proximidad cerrada a una localización en particular. Los desvanecimientos de la señal pueden ser clasificados dentro de dos áreas: desvanecimiento lento que es el resultado de la propagación en gran escala de la señal y el desvanecimiento rápido o desvanecimiento Rayleigh que es el resultado de pequeña escala de la señal.

4.5.1 DESVANECIMIENTO LENTO.

El desvanecimiento lento se refiere al decremento en la potencia de la señal cuando la distancia entre el receptor y el transmisor incrementa. Generalmente la intensidad de la potencia recibida en el receptor falla con el inverso del cuadrado de la distancia entre el transmisor y receptor.

4.5.2 DESVANECIMIENTO RÁPIDO.

Tiene lugar muy rápidamente, con una distancia entre picos de aproximadamente de un desplazamiento de $\lambda/2$ (*media longitud de onda*), las cuales son debidas a su potencia y están distribuidas según en la forma logarítmico - normal. Un ejemplo de ello sería si nos movemos a través de un desierto plano, sin obstáculos, la señal sólo sufrirá las variaciones debidas a la distancia; sin embargo, en un caso normal donde la señal es obstruida por múltiples obstáculos (edificios, puentes, árboles, entre otros) se producen unos cambios rápidos en la media local (en un intervalo de 5 a 50 m.) mientras que las variaciones debidas a los obstáculos topográficos producen variaciones más lentas. Ambos tipos de variaciones están distribuidas en forma logarítmica - normal, al menos dentro del intervalo de unos pocos cientos de metros.

4.5.3 DESVANECIMIENTO POR MULTITRAYECTORIA.

El desvanecimiento por multitrayectoria es un fenómeno fundamental en el ambiente inalámbrico el cual significativamente afecta la potencia de la señal recibida en la localización del móvil. Debido a la dispersión, reflexión y difracción, las ondas recibidas en el móvil son de diferentes direcciones con diferentes tiempos de retardo. Como el móvil se mueve sobre distancias muy pequeñas, la potencia instantánea de la señal recibida puede fluctuar rápidamente dando un aumento al desvanecimiento a pequeña escala.

En general una señal cambia lentamente con el tiempo debido a las pérdidas por propagación, más rápidamente debido a los desvanecimientos lentos y muy rápidos debido a los desvanecimientos por multitrayectorias. Todas estas pérdidas deben superponerse a la señal transmitida, de forma que esto indica la forma en que el canal radio afecta a la señal transmitida.

Al saber como afecta el canal radio a la señal transmitida se utiliza esta información para establecer contramedidas que se reflejen en un mejor diseño del sistema celular.

4.6 CONCLUSIONES.

Para que un sistema de comunicaciones móviles celular cumpla con los niveles de eficiencia deseados, esto es, que la relación señal interferente C/I no sea menor a un valor dado, se deben tomar en cuenta los efectos del canal radio.

Es decir que hay que caracterizar el canal radio a las frecuencias de interés, para determinar las funciones de densidad de probabilidad que se caracterizan la propagación en el canal radio (Rayleigh, Rice, Log-Normal), y con ello tomar las contramedidas necesarias para compensar los efectos del canal radio en la señal que se transmite.

Todo lo anterior se refleja de manera directa en nuestro parámetro C/I , el cual es el objetivo de diseño en el amplificador de potencia para que cumpla con el valor de 9dB impuesto por el diseño.

Por lo tanto en el siguiente capítulo hablaremos sobre las características de los parámetros involucrados en el diseño del amplificador de potencia y mejorar con ello las prestaciones de los sistemas digitales de comunicaciones móviles celulares.

5 ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO EN LOS SISTEMAS DE 3G (FDMA,CDMA,TDMA).

5.1 CARACTERÍSTICAS DE FDMA.

Es la técnica más antigua Se pueden clasificar en:

- MCPC Varios canales por portadora.
 - Una portadora por estación.
 - Una portadora por enlace.
- SCPC Un canal por portadora.
 - Asignación fija.
 - Asignación bajo demanda.
 - Centralizada.
 - Distribuida.

5.1.1 ESTRUCTURAS DE FDMA.

5.1.1.1 DMA/MCPC. UNA PORTADORA POR ESTACIÓN.

- Con una portadora por estación: N portadoras.
- Ancho de banda asignado según tráfico.
- Puede ser FDM/FM/FDMA (figura) o TDM/FM/FDMA.

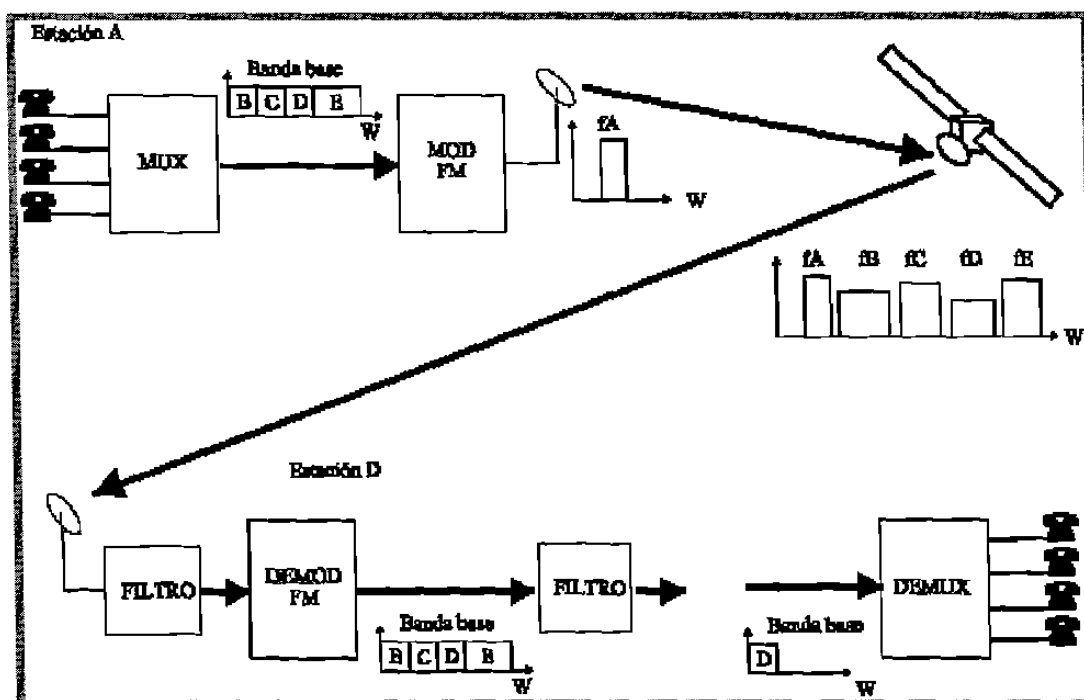


Figura 11.- FDMA Una portadora por estación.

5.1.1.2 FDMA/MCPC. UNA PORTADORA POR ENLACE.

- Con una portadora por enlace: $N \cdot (N-1)$ portadoras.
- Ancho de banda asignado según tráfico.
- Ejemplo:

Estación	Portadora TX	Canales	Portadora Rx	Canales
A	F1	132	F2	60
			F4	60
B	F2	60	F1	60
	F3		F5	24
C	F4	60	F1	60
	F5		F3	24

Tabla V.- Tabla de relación de portadoras.

5.1.1.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Ventajas:

- Calidad.
- Sencillez de implementación.
- Aprovecha la jerarquía multiplex.

Inconvenientes:

- Capacidad asignada incluso sin tráfico.
- No es eficiente si hay estaciones de tráfico muy variable.
- Poca flexibilidad.

5.1.1.4 FDMA/SCPC.

- Portadoras con menor ancho de banda.
- Menos portadoras que canales: Asignación bajo demanda.
- Transmisión de un tono de control de frecuencia (AFC).

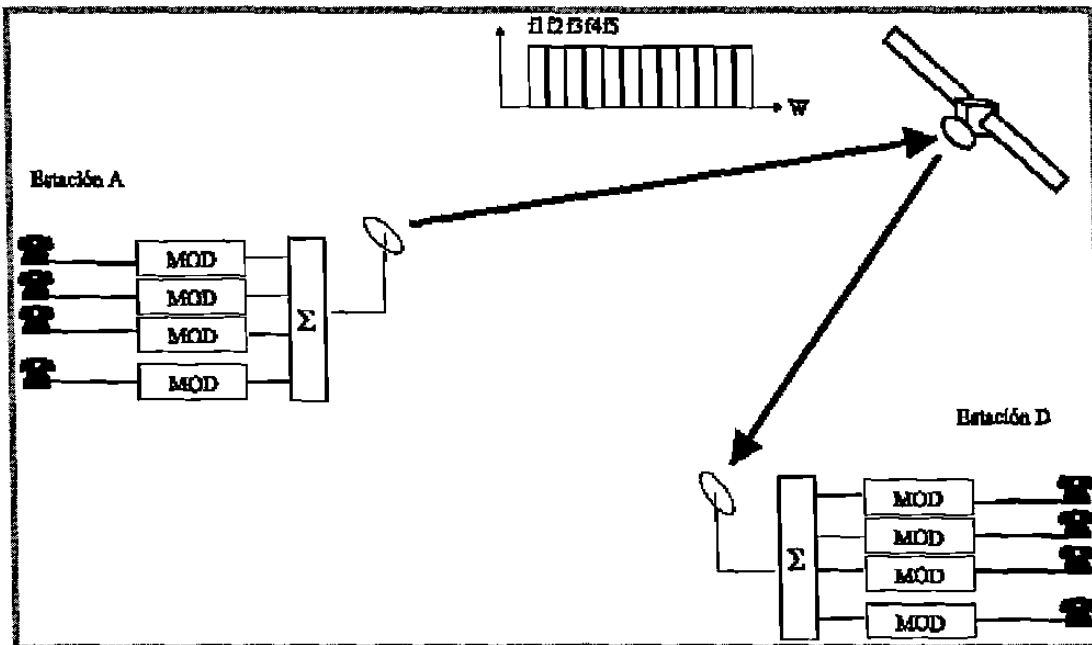


Figura 12.-Transmisión de FDMA.

5.1.1.5 ASIGNACIÓN BAJO DEMANDA.

Los canales no se asignan permanentemente:

Centralizada.

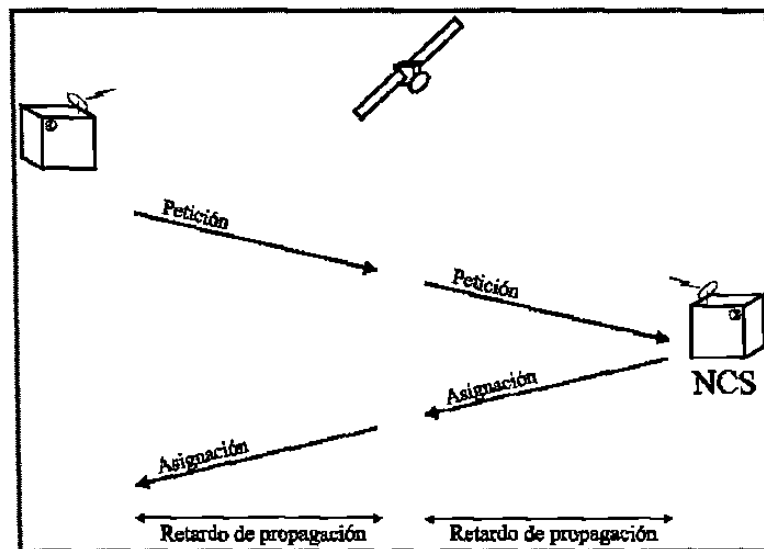


Figura 13.- Canales Centralizados.

Distribuida.

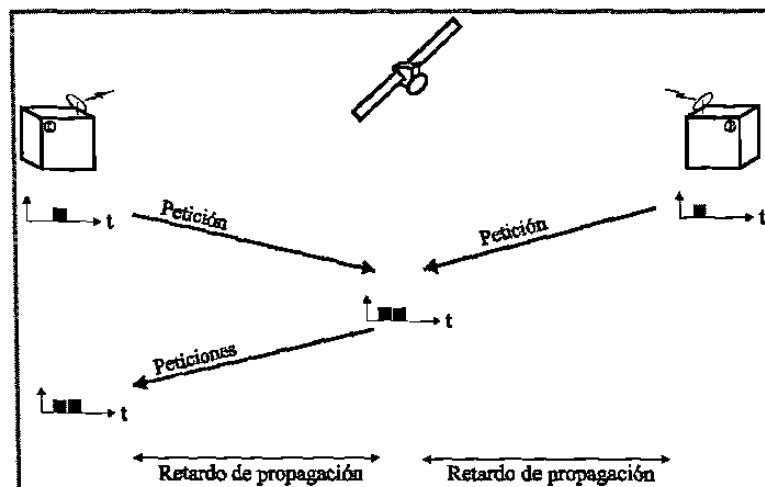
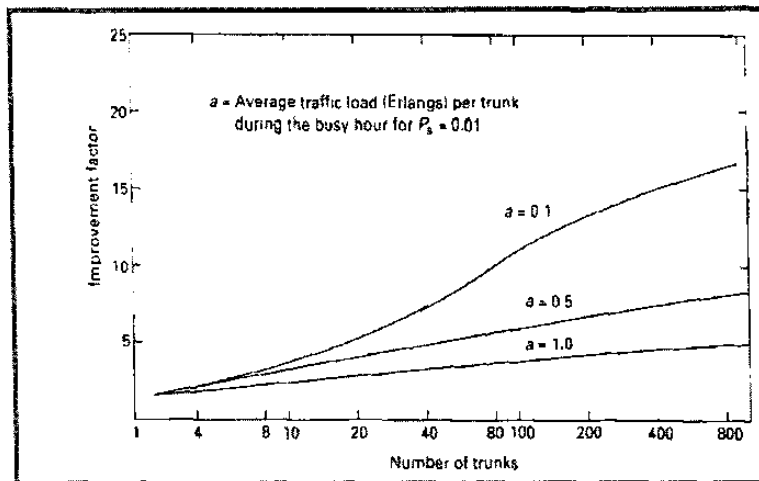


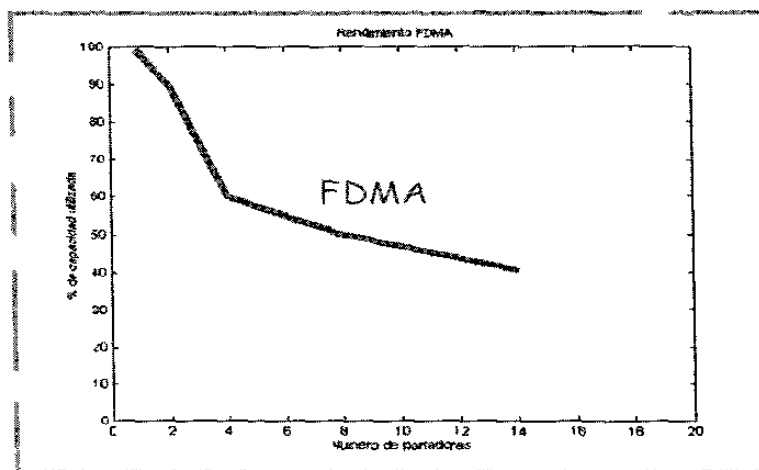
Figura 14.- Canales Distribuidos.

5.1.1.6 MEJORA POR ASIGNACIÓN BAJO DEMANDA.



Gráfica 1.- Mejoras en la demanda.

5.1.1.7 EFICIENCIA (TROUGHPUT).



Gráfica 2.- Eficiencia FDMA.

Con más portadoras se reduce la eficiencia:

- El número de bandas de guarda es mayor.
- El back-off ha de ser mayor.

5.1.2 APLICACIONES DE FDMA.

El protocolo FDMA es utilizado en las comunicaciones inalámbricas de voz únicamente proporcionando buen servicio dentro de sus estándares de transmisión y se utiliza en telefonía celular.

5.1.3 CONCLUSIONES FDMA.

- Técnica sencilla.
- No necesita sincronismo.
- La eficiencia del sistema disminuye rápidamente al aumentar el número de portadoras.
- Control de potencia para evitar el efecto captura.
- MCPC es poco flexible.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE CDMA.

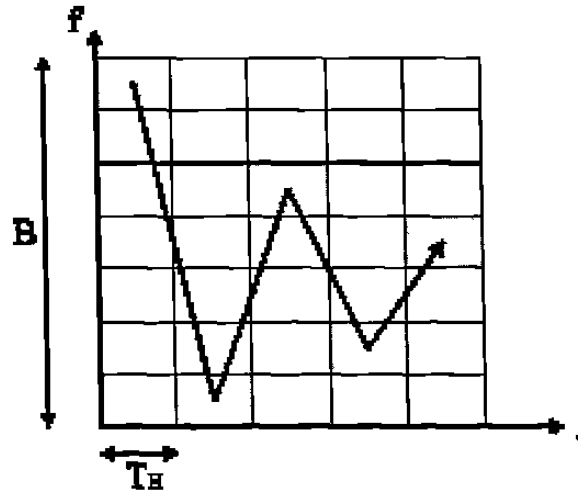
Code Division Multiple Access. Hoy día hay un número de variaciones de CDMA, sumándose al originalmente inventado por Qualcomm N-CDMA (originalmente sólo 'CDMA', ahora conocido en los EE.UU. como IS-95.). La últimas variaciones son B-CDMA, W-CDMA y de forma compuesta CDMA/TDMA. Desarrollado originalmente por Qualcomm, CDMA se caracteriza por su alta capacidad y un radio de células pequeño, empleando la tecnología spread-spectrum y un esquema de codificación especial. Fue adoptado por la Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones (TIA) in 1993. Las primeras redes basadas en CDMA son ahora operacionales. B-CDMA es la base para 3G UMTS.

5.2.1 ESTRUCTURAS DE CDMA.

1. Se basa en técnicas de espectro ensanchado.
2. A cada estación se asigna un código pseudoaleatorio (PN).
3. Existen dos posibilidades:
 - Secuencia directa (DS).
 - Salto en frecuencia (FH).

5.2.1.1 SALTO EN FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING).

Viene a ser una combinación de FDMA y TDMA.



Gráfica 3.- B versus T de TDMA.

SECUENCIA DIRECTA

El ancho de banda ocupado se multiplica por p , la longitud del código.

- La auto correlación de los códigos debe parecerse a la del ruido blanco.
- La correlación cruzada entre códigos debe ser nula (códigos ortogonales).
- Mismo número de unos y ceros.

Secuencias m

m	p	N_{max}	Eficiencia (%)
5	31	6	19.4
7	127	18	14.2
9	511	48	9.4
11	2047	176	8.6
13	8191	630	7.7
15	32767	1800	5.49

Tabla VI.- Secuencias de estudio.

5.2.2 CDMA: VENTAJAS E INCONVENIENTES.

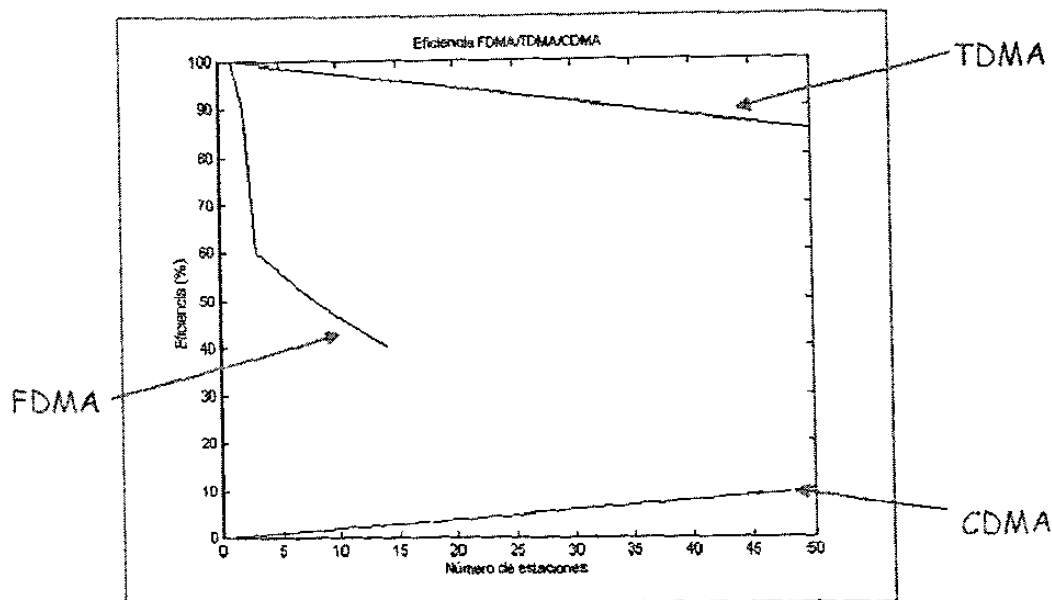
VENTAJAS:

- Es simple: no necesita sincronismo (TDMA).
- Proporciona protección contra.
 - _ Interferencias.
 - _ Multitrayecto.
- Permite utilizar antenas más pequeñas.
- Es mas seguro.
- Facilidad para incorporar estaciones.

INCONVENIENTES

- Es poco eficiente.
- Se necesita sincronizar la secuencia en el receptor.

5.2.3 EFICIENCIA CDMA-TDMA-FDMA.



Gráfica 4.- Eficiencia TDMA.

5.3 CARACTERÍSTICAS DE TDMA.

Time Division Multiple Access. El primer standard digital de EE.UU. que se desarrolló. Fue adoptado por la TIA en 1992. El primer sistema comercial TDMA comenzó en 1993. Con entrega de servicio digital inalámbrico que usa emisión multicanal. De este modo, una frecuencia sola puede apoyar canales de datos múltiples simultáneos. TDMA es usado por el sistema digital celular GSM.

5.3.1 ESTRUCTURA DE TDMA.

- Sólo se transmite una portadora.
- Cada estación transmite sólo durante un intervalo de tiempo una ráfaga de datos.
- Se utiliza para señales digitales.
- Cabe distinguir:
 - _ Acceso por asignación.
 - _ Fija.
 - _ Bajo demanda.
 - _ Acceso por contienda.
- Un cambio de la capacidad asignada a cada estación es sencillo.
- Proporciona mayor eficiencia que FDMA.
- No requiere control de potencia de las portadoras.

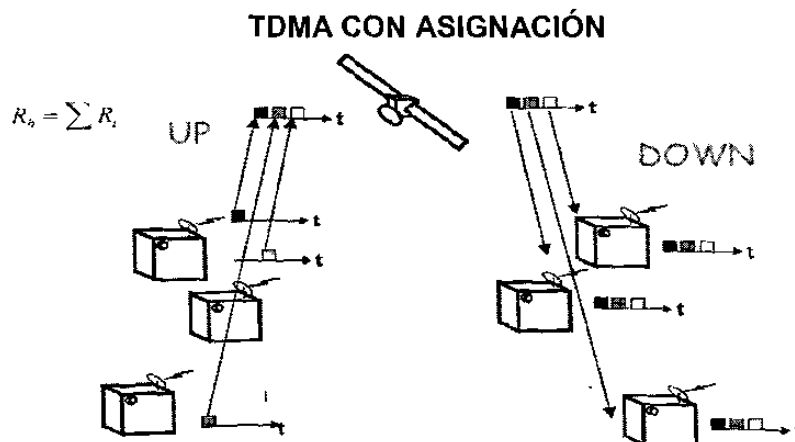


Figura 15.- Asignación de TDMA.

5.3.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA.

- La trama se forma en el satélite por concatenación de ráfagas.
- Se deja un intervalo de guarda entre ráfagas.

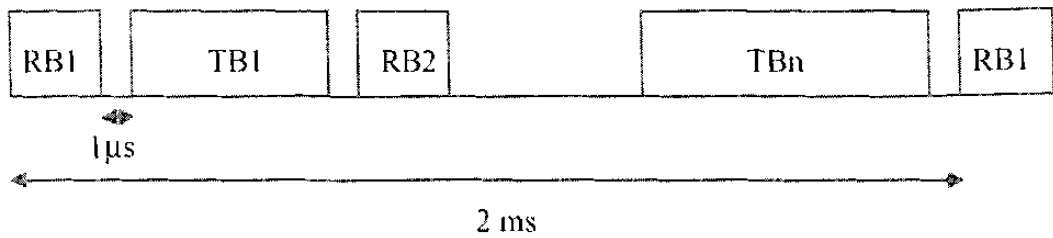


Figura 16.- Tramado de TDMA.

5.3.3 SINCRONIZACIÓN.

- SOTF: Start Of Transmission Frame.
- d: retardo según el intervalo asignado.

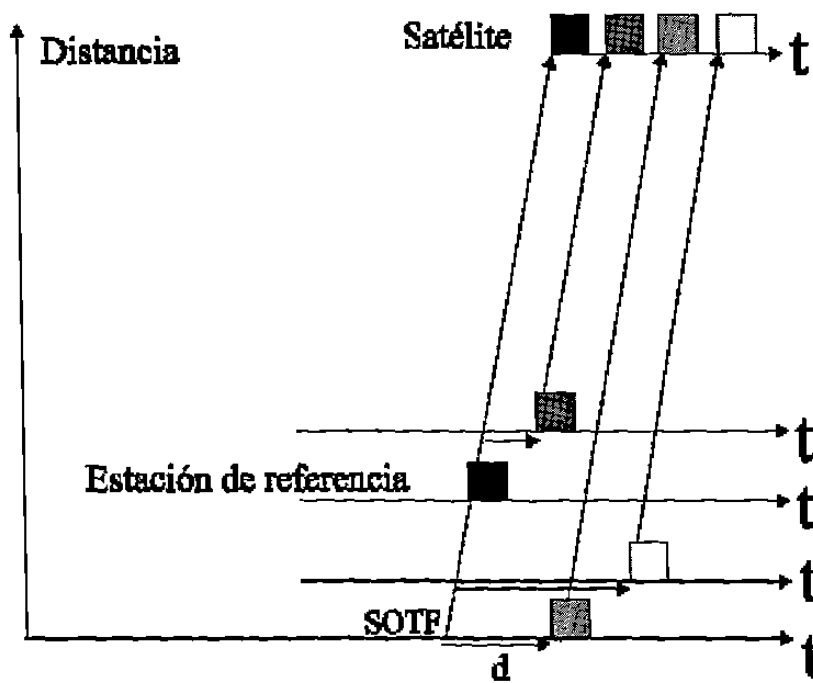


Figura 17.- Sincronizado de TDMA.

5.3.3.1 LAZO ABIERTO.

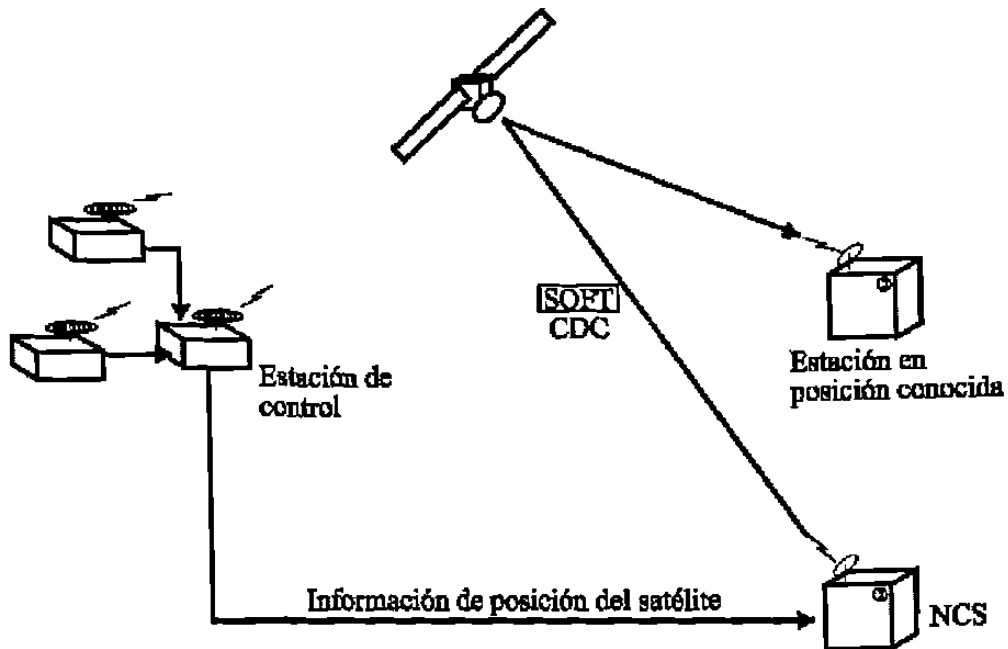


Figura 18.- Lazo Abierto de TDMA.

5.3.3.2 LAZO CERRADO.

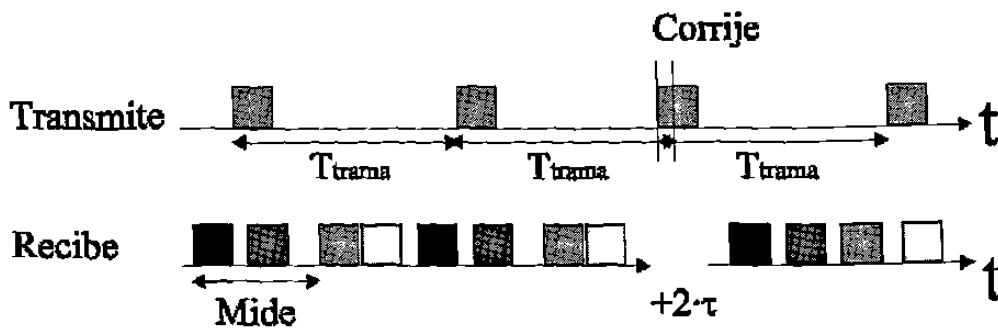


Figura 19.- Lazo Cerrado de TDMA.

5.3.3.3 ADQUISICIÓN DE SINCRONISMO.

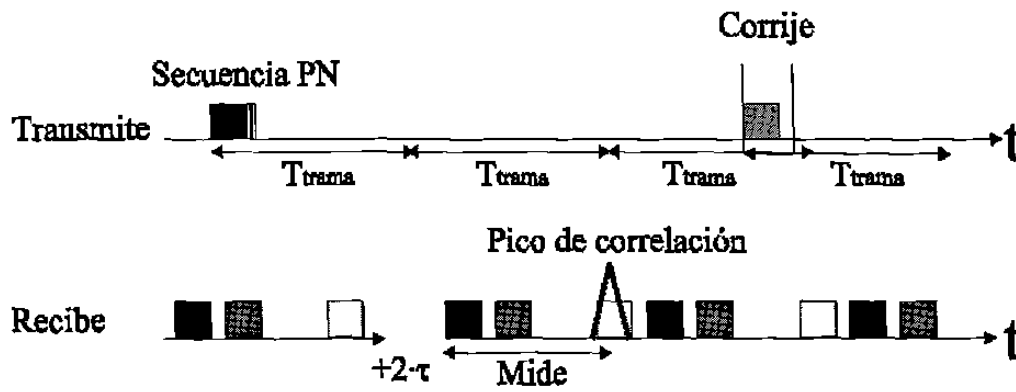
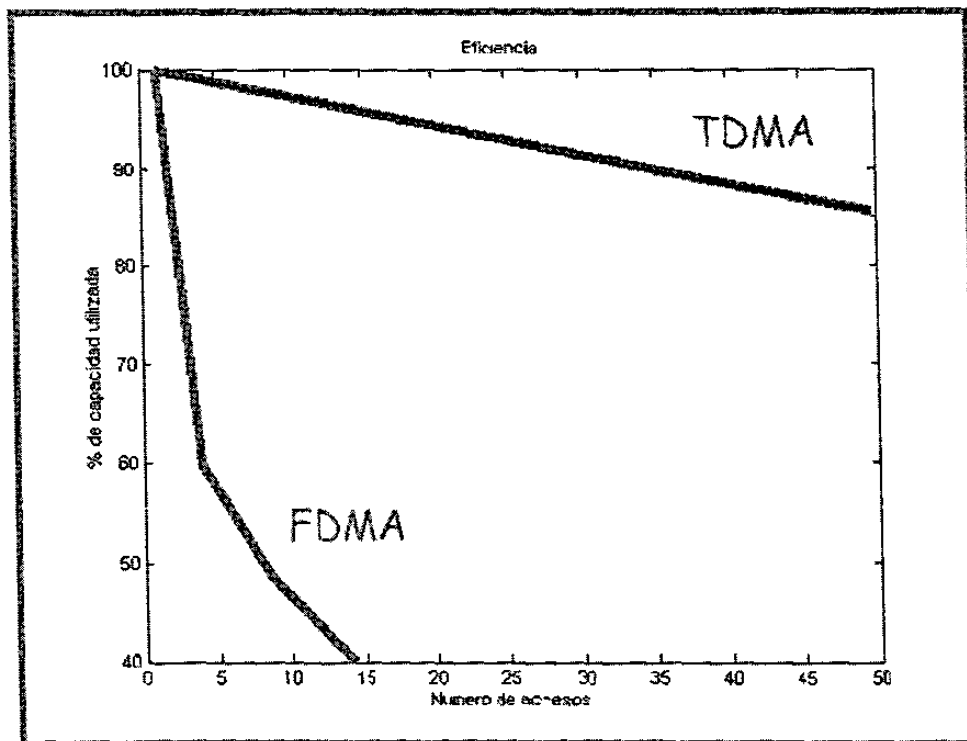


Figura 20.- Sincronismo de TDMA.

5.5.5.4 EFICIENCIA TDMA/FDMA.



Gráfica 5.- TDMA versus FDMA.

5.4 ACCESO POR CONTIENDA O ACCESO ALEATORIO.

- Los intervalos de tiempo no están asignados a ninguna estación.
- Las estaciones transmiten cuando lo necesitan y si hay un conflicto retransmiten más tarde.
- Dos de los algoritmos más conocidos son:
 - ALOHA (empleado en redes por satélite).
 - CSMA (empleado en redes de área local).

5.4.1 ALOHA PURO

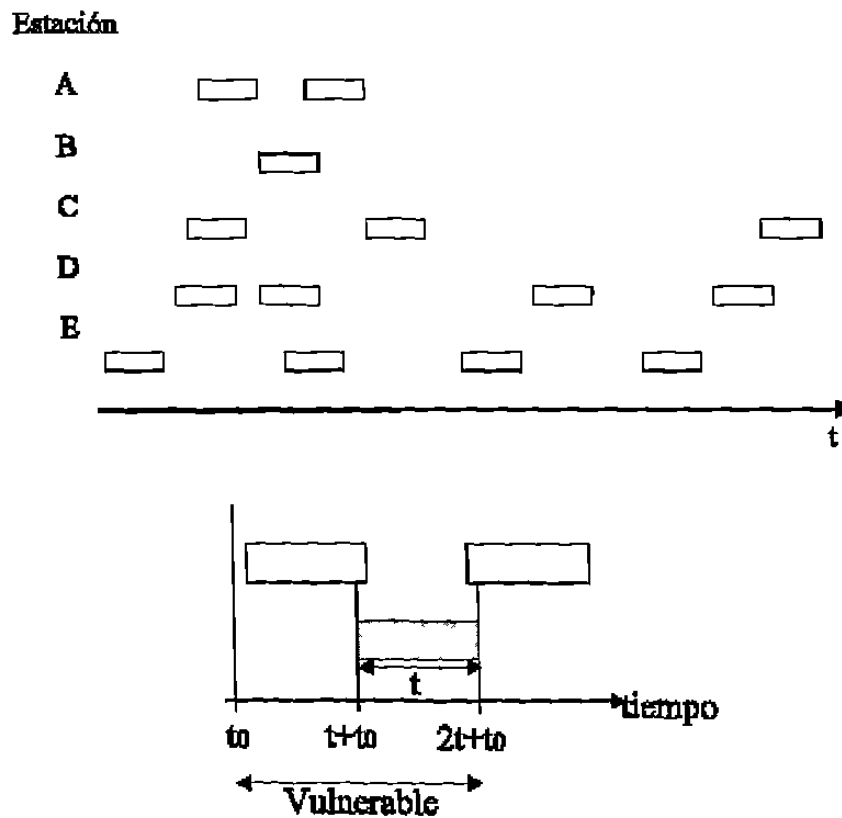


Figura 21.- Aloha Puro.

5.4.2 ALOHA RANURADO

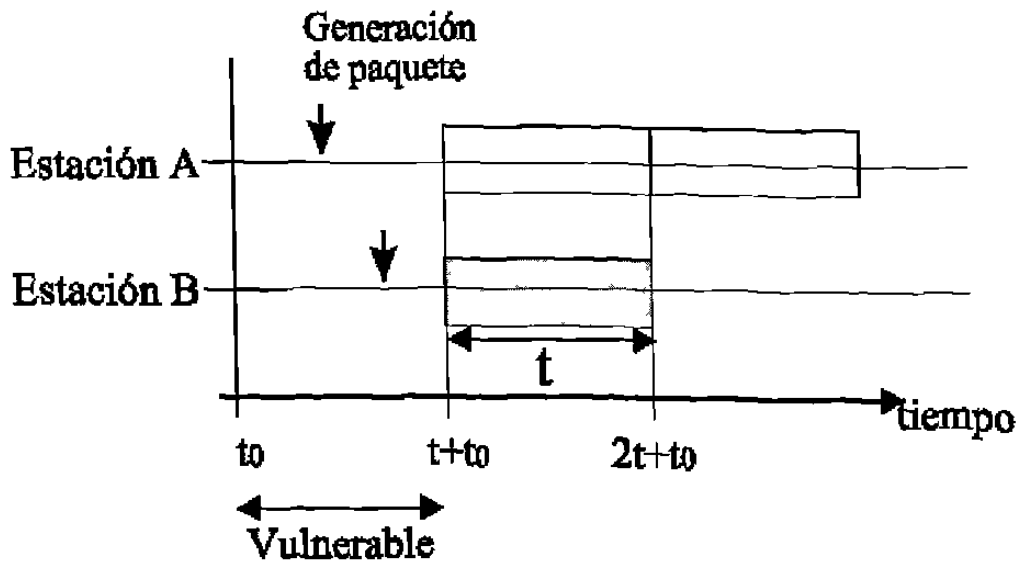
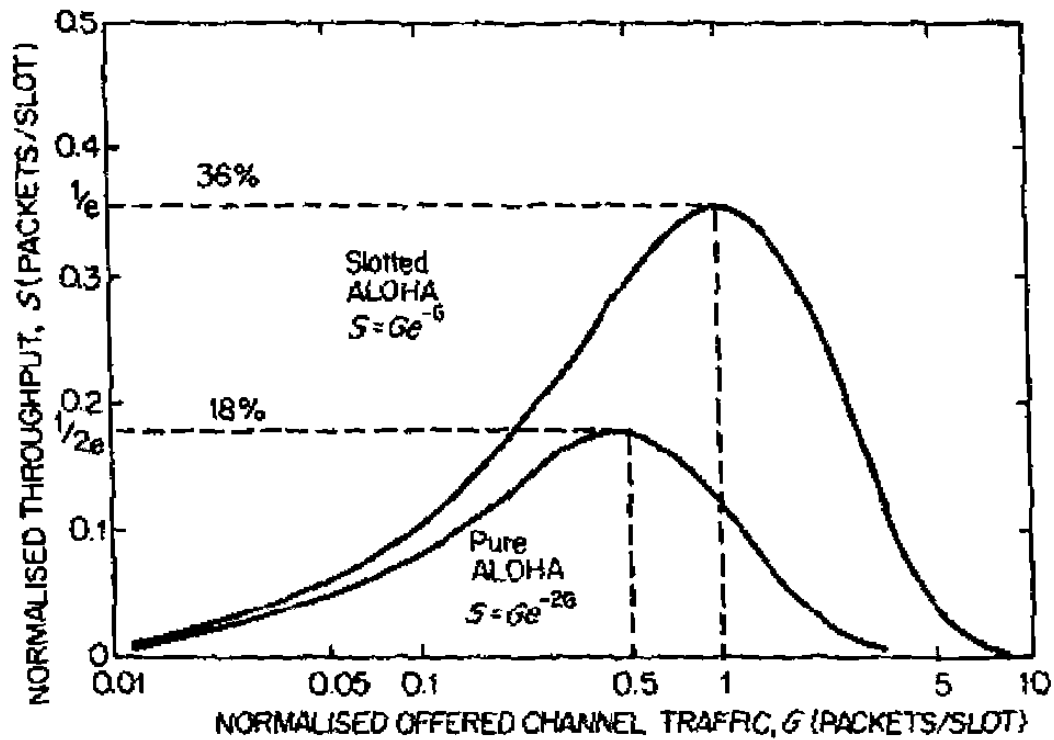


Figura 22.- Aloha Ranurado.

5.4.3 EFICIENCIA ALOHA



Gráfica 6.- Eficiencia Aloha.

6 ANÁLISIS DEL PROTOCOLO PRMA.

6.1 QUE ES PRMA.

El protocolo PRMA introduce el método de reservación de subframe que es un protocolo para el uso de los servicios de multimedia en los sistemas de telecomunicación móvil de tercera generación. El Múltiplo De la Reservación Del Paquete El protocolo del acceso (PRMA) se modifica para alcanzar más Gerencia eficiente de la anchura de banda. Demostración de los resultados de la simulación que puede el sistema múltiple de los multimedia del acceso que resulta sirva a una gran cantidad de usuarios con la probabilidad baja del

paquete la pérdida, permitiendo el uso de la alta compresión clasificada para ambos servicios de la voz y del vídeo.

6.2 INTRODUCCIÓN.

La ayuda para los servicios futuros de multimedia en las redes celulares inalámbricas de tercera generación requiere un uso eficiente del espectro de transmisión. En los servicios móviles de la tercera generación, cuantas con una gran variedad de servicios y medios tales como voz, los datos, y el vídeo son coexistentes. Una cuestión clave en tales sistemas es el diseño de protocolo múltiple conveniente en el control de acceso eficientemente y que comparta las terminales múltiples en un canal compartido común. El acceso múltiple de la división del tiempo (TDMA) ha emergido como uno de los candidatos principales a los sistemas de los servicios de multimedia de la generación debido a su alto rendimiento de procesamiento. El protocolo TDMA utilizado es una solución ineficaz para las redes de inalámbricas con servicios de multimedia.

El protocolo múltiple de acceso con reservación del paquete (PRMA) fue introducido por Goodman, toma la ventaja de la naturaleza del bursty del tráfico de voz y de datos. Las llamadas de voz típicas dure solamente algunos minutos, y se entremezclan las conversaciones con pausas, entre las oraciones, palabras e incluso sílabas, las cuáles agregan hasta 50% exceso del tiempo total de la conversación. Dentro de la actividad de la conversación en la terminal de voz es insertado un detector el cual puede distinguir entre los períodos activos y silenciosos. Así varias conversaciones de voz se pueden multiplexar y estadísticamente mejora la utilización de los recursos de la red. Una desventaja de esta versión de PRMA es que un slot entero está ocupado con las pérdidas por colisión. Esto hace a PRMA inferior inestable en altas condiciones de carga. Este problema introduce un nuevo protocolo modificado

de PRMA con los subframes de la reservación a utilizarse con voz digital, vídeo y secuencias de datos. El funcionamiento de este protocolo se estudia vía la simulación de computadora.

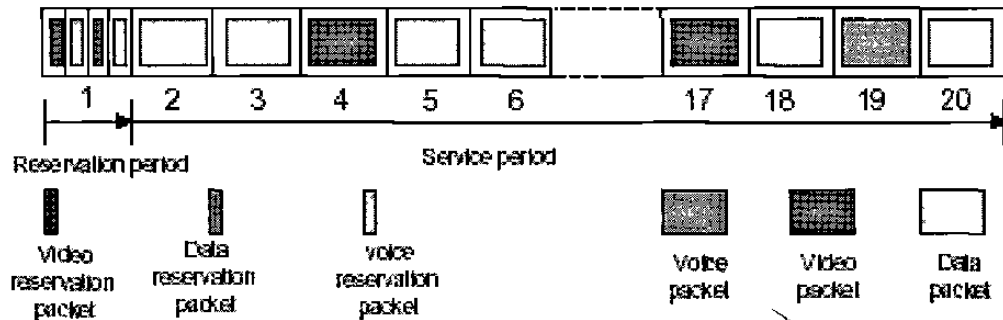


Figura 23.- Distribución de las capas de los paquetes de PRMA.

6.3 MODELO DE SISTEMA.

El sistema de comunicación móvil bajo consideración apoya una multiplicidad de usos, tales como voz, vídeo, datos, E-mail, fax, etc. con diversos requisitos del servicio. En este estudio, proporcionamos tres clases del servicio, dos con servicio con sensibilidad de detección de delay en tiempo real (voz, vídeo) y un con servicio sin sensibilidad de detección al delay en tiempo real (datos). Cada uno de estos tipos del tráfico tienen factores y características únicas tales como y descansos de actividad, y huecos como requisitos específicos de QoS.

Los sistemas de voz y de vídeo en cuestiones de tráfico en la red inalámbrica tienen diferencias en cuestión del ancho de banda así como resistencia a pérdida de paquetes.

En la transmisión de voz y de vídeo se asumen que deben de tener el mismo requisito en cuestión de delay. En la transmisión el Uplink y Downlink son multiplexado con el duplexion por división del tiempo (TDD). El estudio de la simulación considera solamente la transmisión del uplink. la transmisión en ambas bandas ocurre en marcos de la longitud T_f la longitud del marco se elige para coincidir con la generación del paquete índice de la clase más abundante del tráfico de voz.

De parámetros de la simulación en la tabla 1, la cantidad de la fuente de información por el paquete es $R_{ss} T_f$ y la longitud total del paquete es $(R_{ss} T_f + H)$ bits. El canal lleva *bits de* $R_c T_f$ bits. Y el número de las ranuras N se da por

$$N = \left\lceil \frac{R_c T_f}{R_{ss} T_f + H} \right\rceil \quad (17)$$

Donde $\lceil x \rceil$ es el número entero más grande X .

Así pues, encontramos $N = 20$ slots/frame, la duración de el slot es $T_s = 1$ ms, el tamaño de un paquete es $C = 704$ bits, de los cuales 640 bits son de información, y 64 son header.

6.4 MODELO PARA EL TRÁFICO.

Como PRMA se emplea para apoyar voz, vídeo y servicios de datos en la misma red. Cada tipo de estos servicios tiene un diferente requisito en cuestión del uso de ancho de banda, la sensibilidad al delay y a la pérdida de paquetes. La probabilidad del permiso para cada tipo varía el acceso al número máximo de usuarios para la satisfacción de estos requisitos. Los modelos del tráfico para los tres tipos de servicios se describen en las líneas siguientes.

6.4.1 EL TRÁFICO DE VOZ.

La voz es la clase del tráfico primordial en los sistemas móviles en la red de comunicaciones inalámbricas. Para el tráfico de la voz, utilizamos el modelo de Brady, que dice que las fuentes de alternan entre el estado ON ("talkspurt") durante el cual generan un constante flujo de corriente de paquetes, y OFF ("principle grap") el cual es un estado de silencio. La duración de un talkspurt (principle grap) se asume como un comportamiento exponencial al ser transmitido en un medio el tiempo de duración es de $T_{\text{voice ON}} = 1 \text{ sec}$ ($T_{\text{voice off}} = 1,35 \text{ sec}$). Las fluctuaciones de la voz generan un flujo constante de 32 kbps durante el estado ON. Debido a la robustez de la conversación de la voz, puede ser reconstruido con facilidad y la distorsión está dentro de los estándares de calidad aceptable.

Las condiciones generadas por la pérdida de paquetes de voz están dentro del límite permisible de 1%. Los paquetes al momento de la transmisión sufren de un retraso de 40 milisegundos son eliminados (dropped). El porcentaje de paquetes (dropped) es la medida QoS.

6.4.2 TRÁFICO DE DATOS.

Las terminales de datos generan mensajes de información con una longitud variable (número de paquetes por mensaje), que se protege de adentro de uno en uno se va generando un buffer de datos según en el orden de su llegada (FIFO) (primero en llegar primero en salir). Los usuarios de los datos no pueden permitirse la pérdida de los paquetes en todos los casos, existen tolerancias al delay y puede ser asignado a las ranuras, que no son utilizadas para este marco actual.

El índice del tiempo de llegada de datos en el medio se fija a 50 message/sec ($m d = 50$). El valor de la probabilidad del acceso de los datos se analiza para alcanzar el máximo número de usuario dentro del límite de delay. Se asume que los datos se originan de una entrada independiente descrita por una fórmula de Poisson. Los datos fluyen con una tasa de transferencia de llegada media $m d$, de forma que la relación del medio entre llegadas de datos en la corriente de mensajes es $t d = (1 / m d) = 0,02$ sec.

6.4.3 TRÁFICO DE VIDEO.

El modelo del tráfico para las fuentes de video se asume que es igual que para los usuarios de los sistemas de voz. Durante la fase ON, la fuente de video genera la corriente constante de bits. El tiempo de la transmisión de los bits de video es exponencial y está dado por $T_{video\ on} = 180$ sec. La etapa de la transmisión de video T_{off} es también de forma exponencial y está dada por $T_{off} = 20$ milisegundos. Asumimos que un tipo de codificador de video, tal como podría ser MPEG que se emplea en los terminales video, requiere una muy baja tasa de pérdida de paquetes para reconstruir el video en receptor. El índice binario instantáneo de un codec de video varía grandemente dependiendo de la complejidad de la secuencia de video.

Según los estudios, un video de un objeto móvil dentro de un ambiente con el fondo móvil puede requerir para su transmisión una cantidad dentro de 20kbps a 80kbps para la transmisión aceptable. En el transmisor y en la estación de recepción existe la necesidad de contar con una cantidad de Buffer baja, dentro de los límites del estado de latencia, los requisitos reducirán o aumentarán dependiendo de la variabilidad de la salida video. Se asignan a los usuarios 3 slots por frame de video, y esto se ve reflejado en una mayor calidad y rendimiento en el procesamiento de la señal de video de 96 kbps, que por consiguiente se obtiene un estado de latencia aceptable.

6.5 DESCRIPCIONES DEL PROTOCOLO DE SIMULACIÓN.

El procedimiento de la simulación se describe de la siguiente manera:

1. Cuando llegan los nuevos datos, a la terminal de tipo q va del estado silencioso al estado activo.
2. La terminal activa permite transmitir paquete reservados en la siguiente ranura reservada con la probabilidad P_{pq} .
3. Si la terminal permite transmitir, entonces escoge aleatoria mente un canal reservado y envía el paquete reservado en él.
4. Si alguna otra terminal transmite un paquete reservado por medio del mismo canal reservado, hay una colisión. Entonces la terminal intenta otra vez en el slot siguiente.
5. Si ningunas otras terminales transmiten en la misma ranura, la terminal entrará en el estado (FIFO) del primero en entrar, primero en salir.
6. Si no hay terminales de la clase $1, 2, \dots, q$ en espera de los slot de información, y los slots de información del Nq están disponibles, entonces la terminal es asignado a los canales del Nq . Si no, el usuario podría perder paquete por delay mayores a el máximo de D_q .
7. Si la terminal tiene más paquetes a la izquierda, continuará en espera (vaya al paso 6).

Una vez que la terminal se le asigne un canal, y que no tiene sensibilidad a los delays (terminal de datos), puede transmitir solamente un paquete, y entonces debe liberar el canal. Si tiene sensibilidad al delay (terminal de voz o terminal de video), continuará transmitiendo los paquetes hasta que su buffer intermediario este vacío.

6.6 PROCESO DE LA SIMULACIÓN.

La simulación se desarrolla dentro de una célula sencilla y el BS es localizado en el centro de la célula.

Todas las terminales móviles (voz, datos, y vídeo) generan los paquetes con una longitud fija (640 bits) y los encabezados son agregado a cada paquete antes del proceso de la transmisión. La robustez del paquete es (640 bits de información +64 bits de encabezado) esto es cada uno de los frames dentro del protocolo de PRMA. Cada minislot puede llevar 176 bits. Cada ranura incluye una banda de guarda de protección en ambos extremos para permitir la corrección de fallas imprevisible dentro de los tiempos de llegada de los paquetes aun que son muy pequeño. Para la facilitar los estudios, estas bandas de guarda son ignoradas y se asume que el canal inalámbrico (wíreles) se encuentra libre de errores. Cualquier terminal que desee transmitir información primero necesitará ser sincronizada con el marco de referencia del BS en el DownLink. los parámetro de la simulación para el sistema previsto se demuestra dentro de la tabla VII, y el resultado fueron obtenidos realizados cambiando en el número de usuarios simultáneos y de la probabilidad del permiso para cada tipo (una variable por funcionamiento de simulación).

Definition	Notation	Units	Parameter value
Channel rate	R_c	Kb/s	720
Voice source rate	R_{vs}	Kb/s	32
Video source rate	R_{vr}	Kb/s	96
Frame duration	T_f	ms	20
Slot duration	T_s	ms	1
Over head	H	b	64
Speech activity detector			slow
Maximum delay	D_{max}	ms	40
Permission probability speech	P_{ps}		0.1-0.9
Permission probability data	P_{pd}		0.1-0.9
Permission probability video	P_{pv}		0.1-0.9
Number of voice users	M_v		16
Number of data users	M_d		17
Number of video users	M_v		3

Tabla VII.- datos de la simulación.

Class	Unit	Value
Voice Drop Probability	Non	
Video Drop Probability	Non	
Data average delay	m-sec	3000

Tabla VIII.- Probabilidades de pérdidas y daños en los datos por delay.

6.7 RESULTADOS.

Aquí se estudiarán el efecto de la probabilidad del permiso para las diversas clases del servicio y el número de usuarios en el sistema. Para cada sistema de parámetros, el sistema funciona para 5×10^6 ranuras de tiempo. El promedio de retardo para los usuarios de los datos, y la probabilidad de la pérdida del paquete para los usuarios de la voz y del vídeo se traza en función de estas probabilidades. En simulaciones, tenemos 1 asignado de $N = 20$ ranuras de tiempo a la reservación, y 19 ranuras para la información. La ranura de la reservación se divide más a fondo en 4 minislots (canales de la reservación) según lo demostrado en fig. 24.

El número de usuarios y los parámetros de la simulación se fijan iguales a los valores demostrados en la tabla VIII, y a la calidad del servicio los requisitos se delinearán en la tabla 2. La red se prueba en diverso número de usuarios en cada uno clasifique hasta que las unidades de la estabilidad se acercaron, después elegimos $M_s = 16$, $M_v = 3$, y $M_d = 17$ usuarios, mientras que el efecto del permiso la probabilidad se demuestra en las figuras siguientes.

En la fig.25, aumentando probabilidad del permiso en la transmisión de voz, allí se observa la degradación en la probabilidad video de la muestra mientras que tráfico en la transmisión de la voz consigue un funcionamiento mejor en la probabilidad de la muestra.

La fig.26 demuestra el efecto de introducir a nuevos usuarios en el sistema de transmisión de voz. De los resultados, vemos eso con tres activos los usuarios de transmisión de video, hasta 16 usuarios de transmisión de voz pueden ser agregados a los sistemas sin ser perceptiblemente que degraden el acceso para los usuarios de transmisión de datos.

El más interesante es el efecto de los usuarios video. En la fig.27 , el número máximo de los usuarios de transmisión de video que pueden ser acomodados al lado de este sistema es de 6, puesto que hay solamente 19 ranuras del tráfico.

Sobre 4 usuarios video, la tarifa de la muestra para los usuarios video aumenta dramáticamente, mientras que eso para los usuarios de la transmisión de voz mejora. Esto es porque los usuarios de transmisión de video comienzan a esperar en la cola por lo menos una ranura libre, y una vez que un usuario video pare transmitir, inmediatamente con buena calidad espera en la cola a que se liberen por completo tres ranuras vacantes. La cola de espera para los usuarios video aumentan, de modo que para el momento en que consiguen las ranuras libres frente de la cola, una porción significativa de su período activo está encima. No guardan la ranura que reservan para muy de largo, y cuando los acaban, los usuarios de la voz consiguen la precedencia para las ranuras que dejan. Las muestras de la tarifa de pérdidas de paquetes de voz cerca del de un sistema como lo son los usuarios de video. Los usuarios de transmisión de datos casi consiguen no tener acceso, y rendimiento del procesamiento de datos también cae tan dramáticamente.

De fig. 28, todos los usuarios de voz combinados pueden utilizar a máximo de 16 ranuras por marco. Esto no significa, sin embargo, los usuarios del sistema de voz consiguen siempre una reservación directamente después con éxito de transmitir un paquete de la reservación. Puesto que nosotros se están ocupando de un sistema no comprado de antemano, si allí el video de los

usuarios están transmitiendo cuando el 11mo usuario de la voz incorpora a el talkspurt, allí no abra ningún canal disponible ($3 \times 3 + 10 - 19$). Así el tráfico video puede causar pérdida de paquetes en los servicios de voz aunque la voz tiene prioridad más alta, particularmente como el número de los usuarios de la voz y del vídeo llega a ser muy grande fig28. Tráfico de los datos según lo demostrado en el fig 29, por otra parte solamente contribuye a la congestión aumentando la probabilidad de colisión del paquete mientras que en la etapa de la reservación. Desde los datos de los usuarios no pueden reservar ranuras en los marcos consecutivos, voz o los usuarios video los substituyen automáticamente. En hecho, los usuarios de los datos pueden utilice solamente las ranuras, que seguirían siendo de otra manera vacías, o sea utilizado por otros usuarios de los datos, así llenando en los huecos en el bursty de voz y en las transmisiones de video, mejorando la eficacia del sistema

De fig29, un valor más grande para la probabilidad del permiso cause más colisiones durante la reservación, causando en el paquete delay y pérdida para todos los usuarios. Un valor más pequeño prevendrá a los usuarios de los datos de transmitir su paquete lo más rápidamente posible. Estos parámetros conducen a una utilización del canal de cerca de 0,9 sin degradar los índices de la pérdida del paquete de los usuarios en tiempo real.

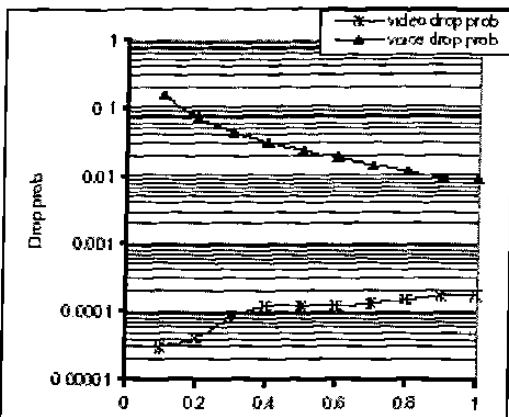


Figura 24. - Variaciones de la voz y video con prioridad de VOZ.

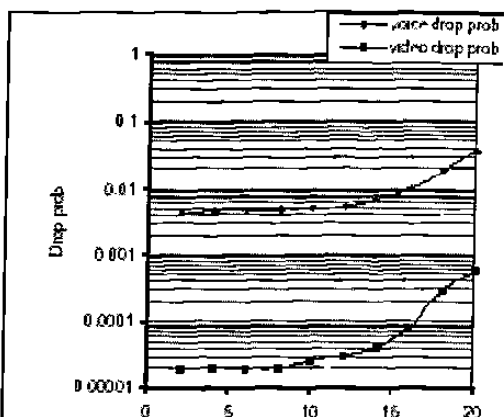


Figura 27. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de voz.

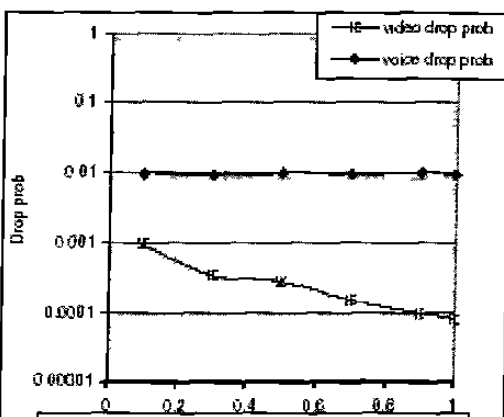


Figura 25. - Variaciones de la voz y video con prioridad de video.

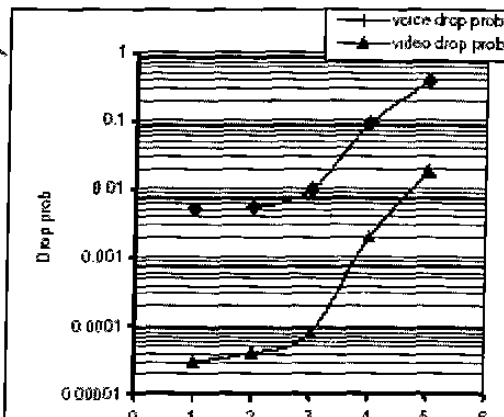


Figura 28. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de video.

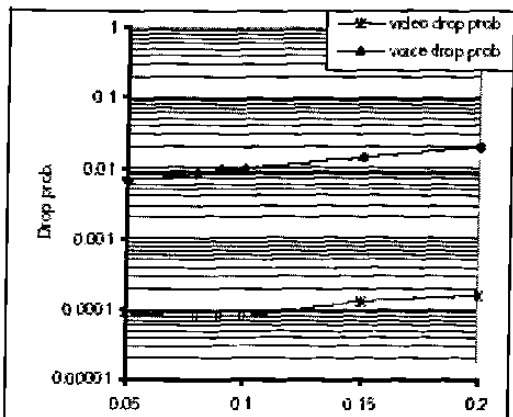


Figura 26. - Variaciones de la voz y video con prioridad de datos.

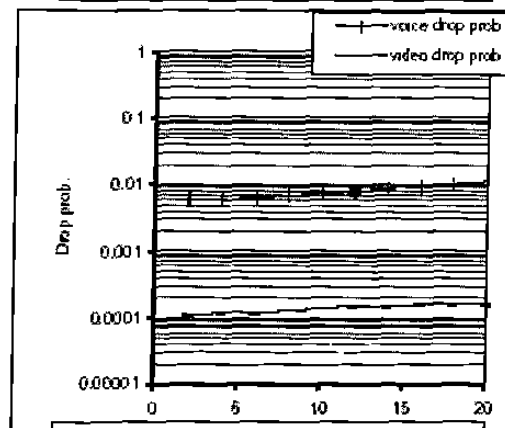


Figura 29. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de datos.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES.

Para que un sistema de comunicaciones móviles celular cumpla con los niveles de eficiencia deseados, esto es, que la relación señal interferente C/I no sea menor a un valor dado, se deben tomar en cuenta los efectos del canal radio.

Es decir que hay que caracterizar el canal radio a las frecuencias de interés, para determinar las funciones de densidad de probabilidad que se caracterizan la propagación en el canal radio (Rayleigh, Rice, Log-Normal), y con ello tomar las contramedidas necesarias para compensar los efectos del canal radio en la señal que se transmite.

Todo lo anterior se refleja de manera directa en nuestro parámetro C/I, el cual es el objetivo de diseño en el amplificador de potencia para que cumpla con el valor de 9dB impuesto por el diseño.

7.2 RECOMENDACIONES.

Con los datos arrojados en las diferentes pruebas se recomienda la utilización del protocolo de acceso al medio PRMA para el uso de los servicios de multimedia en los equipos de 3ra. Generación inalámbricos por las ventajas que ofrece de ancho de banda y seguridad y además por su confiabilidad para superar errores de transmisión.

GLOSARIO.

Absorción fotoeléctrica.- Parte de la pérdida de intensidad de un haz de radiaciones asociada con la emisión de fotoelectrones. Suele aumentar con el número atómico y disminuye al aumentar la energía cuántica, cuando la absorción de Compton se hace más significativa.

Absorción por desviación.- Es la dispersión de las ondas de radio a frecuencias próximas a la frecuencia crítica de la ionosfera.

Distorsión en un receptor de frecuencia modulada debido a que tiene un ancho de banda inadecuado, al rechazo inadecuado de modulación de amplitud o a la linealidad inadecuada del discriminador.

Accesibilidad de un servicio.- Probabilidad de que un servicio pueda obtenerse dentro de tolerancias especificadas y en condiciones operacionales dadas, cuando lo solicite el usuario.

Acceso.- En informática, es la comunicación con una unidad de almacenamiento. En comunicaciones vía satélite, significa que una portadora transmitida por una estación a un transpondedor determinado, puede ser recibida por cualquier estación terrena situada en la zona de cobertura correspondiente.

Acceso a la red telefónica pública.- Posibilidad de un usuario de obtener una comunicación con otro abonado de la red pública telefónica conmutada.

Acceso a un centro de información.- Tiempo necesario para lograr conectarse a un centro de información.

Acceso aleatorio.- Procedimiento que permite localizar y extraer cualquier dato dentro de un gran almacenamiento, sin afectar al resto de los datos.

Acceso común.- En telefonía, medio que permite el acceso a un circuito simultáneo desde un conmutador y desde un selector.

Acceso múltiple.- Técnica que permite que cierto número de terminales compartan la capacidad de transmisión de un enlace en forma predeterminada, o conforme a la demanda de tráfico. Es la posibilidad proporcionada a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras al mismo transpondedor del satélite.

Acceso múltiple con asignación en función de la demanda.- Un canal de transmisión se asigna solamente durante el periodo de una comunicación (llamada telefónica, paquete de datos, etc.). En el caso de tráfico esporádico que varía en el tiempo, las propiedades de concentración del proceso de acceso múltiple en función de la demanda, mejoran considerablemente la eficiencia del sistema. En inglés se conoce con la abreviatura DAMA.

Acceso múltiple por codificación.- Método por el cual se pueden introducir o enviar señales de diferente información en un mismo periodo, normado por valores binarios. Las señales se combinan a través de las técnicas de multiplexaje por división en el tiempo y multiplexaje por división de frecuencias, por medio de una compleja elaboración de los datos multiplexados, mediante su codificación, a fin de lograr una concentración de datos aún mayor, así como la detección o corrección de errores, de tal manera que es posible recuperarlas (demultiplexarlas), mediante las correspondientes operaciones de decodificación. Se le conoce por sus siglas en inglés CDM.

Acceso múltiple por diferenciación de código.- Método que permite introducir o enviar señales de diferente información en un mismo periodo, normado por los valores binarios. Las señales se combinan a través de las técnicas de multiplexaje por división de tiempo y multiplexaje por división de frecuencias, por medio de una compleja elaboración de los datos multiplexados mediante su codificación, a fin de lograr una concentración de datos aún mayor, así como la detección de errores, de tal manera que es posible recuperarlas (demultiplexarlas), mediante las correspondientes operaciones de codificación. Sistema de acceso múltiple en el cual las señales utilizan toda la banda del transpondedor simultáneamente, gracias a las técnicas de ensanchamiento de espectro. En este modo de transmisión, se asigna un código característico a cada señal transmitida al satélite. En la recepción, la estación reconoce por su código, entre todas las que recibe, la señal que le está destinada, y extrae la información correspondiente. Estos sistemas se concibieron inicialmente para fines militares, pero también se utilizan para las aplicaciones comerciales. Permite que los usuarios del satélite puedan transmitir simultáneamente y también compartir la frecuencia asignada. Es decir, combina la transmisión simultánea por

división de frecuencia y por división de tiempo. En este caso el código es del orden de un bit en tiempo. En inglés se le conoce como CDMA.

Acceso múltiple por división de frecuencia.- Método para compartir la capacidad de comunicaciones de un satélite, mediante la división múltiple de frecuencias, en el que cada estación tiene asignada una frecuencia portadora. Es una de las técnicas de acceso múltiple más comunes en los sistemas de comunicación por satélite, de forma que permite compartir los recursos que proporcionan los satélites mediante la asignación de frecuencias diferentes a las distintas estaciones terrenas. Este sistema se utiliza en la actualidad para las comunicaciones internacionales. En inglés se le conoce como FDMA.

Acceso múltiple por división de tiempo.- Técnica digital de acceso múltiple que permite al satélite recibir transmisiones de distinta terminales terrenas, entre las que no hay superposición en intervalos separados, en los que se almacena temporalmente la información. Se le conoce por las siglas en inglés TDMA.

Acceso secuencial.- Acceso a los registros en el orden en que están almacenados en un medio.

Acceso sin bloqueo.- Conexión de las líneas de llegada que se hace dentro del centro de conmutación en todo momento, a condición de que las líneas de salida requeridas no estén ocupadas.

ADPCM (adaptative deferential pulse code modulation). - Véase modulación por codificación y adaptación de pulsos diferenciales.

Banda.- Conjunto de las frecuencias comprendidas entre límites determinados y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión. La clasificación adoptada internacionalmente está basada en bandas numeradas que van de la que se ubica de los 0.3×10^n Hz a 3×10^n Hz, en la cual n es el número de banda.

Banda C.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 3.9 a 6.2 Gigahertz. Esta banda se utiliza tanto para transmisiones de microondas como de satélite, es muy usada en las transmisiones de televisión.

Banda K.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de los 10.9 a 36 Gigahertz.

Banda Ku.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 12 y 14 Gigahertz. Esta banda se utiliza únicamente par transmisiones por satélite. Su principal uso es de telefonía troncal, así como transmisiones de datos.

Banda L.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 0.94 y 1.55 Gigahertz. Esta banda es muy utilizada en las comunicaciones móviles vía satélite, tanto terrestres, como marítimas y aéreas.

Banda Q.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 36 y 46 Gigahertz.

Banda S.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 1.55 y 5.2 Gigahertz.

Banda V.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 46 y 56 Gigahertz.

Banda W.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 56 y 100 Gigahertz.

Banda X.- Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 6.2 y 10.9 Gigahertz. En comunicaciones por satélite, esta banda tiene aplicaciones militares.

Banda 1.- Se ha convenido denominarla terminal “este”, al situarla exacta o aproximadamente hacia el este geográfico.

Banda 2. - Se ha convenido denominarla terminal “oeste”, al situarla exacta o aproximadamente hacia el oeste geográfico.

Banda alta.- En los sistemas de telecomunicaciones de onda portadora, es la banda de frecuencias empleada para la transmisión en uno de los sentidos de una sección del sistema.

Banda ancha.- Forma de modulación en la cual se forman múltiples canales mediante la división del medio de transmisión en pequeños segmentos de frecuencia. Los canales de banda ancha son comúnmente utilizados para transmitir televisión.

Banda de base.- Banda de frecuencias ocupada por una señal, o por varias señales multiplexadas; destinada a encaminarse por un sistema de transmisión radioeléctrico o por un sistema de transmisión por línea. En el caso de radiocomunicaciones, la señal de banda de base constituye la señal que modula el transmisor. Cuando una transmisión comprende una modulación múltiple, se considera ocupada por la señal que se aplica a la

primera etapa de modulación y no la banda ocupada por una señal modulada intermedia.

Banda de canales.- Banda de frecuencias donde se ubican los diferentes agrupamientos, es decir, par canal telefónico, grupo básico o primario, supergrupo o grupo secundario, etc.

Banda de cinco canales.- Banda de radiofrecuencia que reúne cinco canales o grupos de canales, que se utiliza en sistemas de baja capacidad.

Banda de dispersión.- En sistemas de impulsos, ancho de banda total ocupado por el esparcimiento en frecuencia de numerosas interrogaciones; funciona sobre la misma radiofrecuencia nominal. El esparcimiento en frecuencia es debido al hecho de que cada interrogación es una transmisión pulsada y al hecho adicional de que todos los transmisores en el grupo no están exactamente sobre la frecuencia nominal.

Banda de frecuencia.- Parte del espectro radioeléctrico que es utilizada para una emisión y que puede definirse por dos límites especificados, o por su frecuencia central y la anchura de la banda asociada.

Banda de frecuencias asignadas.- Rango de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada; la anchura de esta banda es igual a la anchura de banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia. Cuando se trata de estaciones espaciales, la banda de frecuencia asignada incluye el doble del desplazamiento máximo debido al efecto Doppler, que puede ocurrir con relación a un punto cualquiera de la superficie de la tierra.

Banda de microondas.- Banda de frecuencia de más de 1 000 MHz, que utiliza ondas muy cortas.

Banda de radiodifusión de modulación de frecuencia.- Banda de frecuencia que se extiende desde 88 a 108 MHz, utilizada para la radiodifusión con modulación de frecuencia.

Banda de supresión.- Véase filtro supresor de banda.

Banda directa de frecuencias.- En esta banda, las frecuencias bajas de un canal telefónico de voz están representadas por la parte baja del espectro de frecuencias y las frecuencias altas por la parte alta del mismo.

Banda estrecha.- Banda cuya anchura está comprendida entre el 1% de la frecuencia central y un tercio de octava de la misma.

Banda inversa de frecuencias.- Cuando las frecuencias bajas de un canal telefónico de voz están representadas por la parte alta del espectro de frecuencias y frecuencias altas por la parte baja del mismo.

Banda lateral.- Una de las dos bandas de frecuencias, una a cada lado de la frecuencia portadora, dentro de las cuales quedan comprendidas las frecuencias de la onda producida por el proceso de modulación.

Banda lateral inferior.- Banda lateral que contiene todas las frecuencias inferiores a la portadora, en la amplitud modulada.

Banda lateral principal.- Banda lateral que contiene los componentes correspondientes a todas las frecuencias de la señal moduladora.

Banda lateral residual.- Banda lateral que solamente contiene los componentes correspondientes a las frecuencias bajas de la señal moduladora. Es también un método de modulación utilizado en televisión, que se caracteriza porque sólo la banda lateral superior se transmite íntegramente, mientras que de la banda inferior se eliminan 3.25 MHz de la parte más alejada de la portadora, con el fin de mantener la calidad de la transmisión y economizar ancho de banda.

Banda lateral superior.- La más alta de las bandas de frecuencias resultantes de una modulación.

Banda lateral única.- Técnica de modulación en la radiocomunicación por altas frecuencias (onda corta) que suprime una de las dos bandas laterales que se generan normalmente en un proceso de modulación. Este proceso no afecta la calidad de la señal.

Banda lateral única con onda portadora reducida.- Emisión con modulación de amplitud en la que el nivel de potencia de la portadora es inferior en más de 6 dB a la potencia en la cresta de la envolvente; pero el grado de reducción permite reconstituir la portadora y utilizarla para demodulación.

Banda lateral única con onda portadora suprimida.- Emisión con modulación de amplitud, en la que la potencia de la portadora en la emisión está reducida a un nivel en el que por lo general no se le puede reconstituir y utilizar para demodulación.

Banda ocupada.- Banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emiten

potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado $b/2$ de la potencia media total de una emisión. En ausencia de especificaciones del CCIR para la clase de emisión considerada, se tomará un valor $b/2$ igual a 0.5 %.

Banda telefónica.- Banda de frecuencias normalizada para la transmisión de voz telefónica en el rango de 0.3 a 3.4 Kilohertz.

Bandas para uso industrial de frecuencias.- Bandas de radiofrecuencias asignadas en los Estados Unidos a las comunicaciones terrestres móviles de industrias privadas que no sean de transportes.

Bandas magnéticas.- Medio de almacenamiento magnético para guardar un bajo volumen de datos; tal como en las tarjetas de identificación y de crédito.

LISTADO DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema básico de transmisión para FDMA	10
Figura 2. Esquema básico de transmisión para TDMA.	11
Figura 3. Eficiencia vs tráfico ofrecido de los sistemas Aloha.	15
Figura 4.-Representación a bloques de las normativas internacionales en las Comunicaciones móviles.	21
Figura 5.-Concepto celular aplicado a las comunicaciones móviles.	23
Figura 6.-Representación de la clasificación del concepto celular macro, micro y pico células en los sistemas móviles.	24
Figura 7.- Concepto de re-uso de frecuencia.	25
Figura 8.- Re-uso de frecuencial empleando el método de traslación.	27
Figura 9. Intervalos de frecuencias para comunicaciones móviles.	30
Figura 10.-Traspasso de llamada (handover) en un sistema móvil.	33
Figura 11.- FDMA Una portadora por estación.	53
Figura 12.-Transmisión de FDMA.	55
Figura 13.- Canales Centralizados.	56
Figura 14.- Canales Distribuidos.	56
Figura 15.- Asignación de TDMA.	61
Figura 16.- Tramado de TDMA.	62
Figura 17.- Sincronizado de TDMA.	62
Figura 18.- Lazo Abierto de TDMA.	63
Figura 19.- Lazo Cerrado de TDMA.	63
Figura 20.- Sincronismo de TDMA.	64
Figura 21.- Aloha Puro.	65
Figura 22.- Aloha Ranurado.	66
Figura 23.- Distribución de las capas de los paquetes de PRMA.	69
Figura 24. - Variaciones de la voz y video con prioridad de voz.	79
Figura 25. - Variaciones de la voz y video con prioridad de video.	79
Figura 26. - Variaciones de la voz y video con prioridad de datos.	79
Figura 27. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de voz.	79
Figura 28. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de video.	79
Figura 29. - Variaciones de voz y video al aumentar la cantidad de usuarios de datos.	79

LISTADO DE TABLAS.

Tabla I.- Principales parámetros de los esquemas WCDMA y Wideband cdmaOne.	22
Tabla II.-Características más importante de los tipos de cobertura macro, micro y pico células en los sistemas móviles.	24
Tabla III.-Tamaño del cluster en relación a los valores (i, j) para hacer la traslación y encontrar el siguiente co-canal.	28
Tabla IV.- Frecuencias de operación de los sistemas de comunicaciones móviles actuales.	31
Tabla V.- Tabla de relación de portadoras.	54
Tabla VI.- Secuencias de estudio.	59
Tabla VII.- Datos de la simulación.	75
Tabla VIII.- Probabilidades de pérdidas y daños en los datos por delay.	76

LISTADO DE GRÁFICAS.

Gráfica 1.- Mejoras en la demanda.	57
Gráfica 2.- Eficiencia FDMA.	57
Gráfica 3.- B versus T de TDMA.	56
Gráfica 4.- Eficiencia TDMA.	60
Gráfica 5.- TDMA versus FDMA.	64
Gráfica 6.- Eficiencia Aloha.	66

AUTOBIOGRAFÍA.

Ing. Faustino Zuñiga Reyes

Candidato para el grado de:

Maestro en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Telecomunicaciones.

Tesis:

Análisis de las diferentes Técnicas de Acceso para los servicios de Multimedia en los Sistemas Inalámbricos de tercera generación (3G).

Campo de Estudio: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Datos personales: Nació en la Ciudad de Monterrey Nuevo León el día 3 de junio de 1971.

Hijo de: Faustino Zúñiga Moreno y Concepción Reyes Vázquez.

Estudios: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León de la Facultad Ingeniería Mecánica y Eléctrica en el año del 2000 de la carrera Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

Experiencia: Maestro en la Preparatoria Técnica Álvaro Obregón, además maestro en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

