ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

ESTUDIO Y DISEÑO DE TRANSMISORES Y RECEPTORES PARA REDES UMTS

TESINA DE SEMINARIO

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

JOSE MANUEL AGUIRRE ÁLVAREZ

LUIS ALFREDO CHÁVEZ GONZÁLEZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2010

AGRADECIMIENTO:

A DIOS POR DARNOS SALUD Y VIDA PARA TERMINAR NUESTRA CARRERA UNIVERSITARIA.

A NUESTROS PADRES POR INTENTAR SIEMPRE DARNOS LO MEJOR.

A NUESTROS PROFESORES POR COMPARTIR DESINTERESADAMNETE SUS CONOCIEMINTOS.

A NUESTROS AMIGOS POR TODAS SUS BUENAS INTENCIONES Y BUENOS DESEOS.

DEDICATORIA:

A NUESTRAS FAMILIAS,
A NUESTROS AMIGOS

QUE NOS BRINDARON SU
APOYO
INCONDICIONALMENTE.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN:

Ing. Washington Medina

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Ing. Juan Carlos Avilés

DELEGADO DEL DECANO

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la “**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”**

José Manuel Aguirre Álvarez

Luis Alfredo Chávez González

RESUMEN

El presente trabajo se basa el estudio de la arquitectura y el diseño que se requiere para la Transmisión y Recepción dentro de una red UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) y las distintas etapas que en que éstas intervienen. UMTS busca extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada.

Este proyecto consta de 4 capítulos que se describen brevemente a continuación:

En el capítulo 1 se describe la estructura de una red UMTS y sus principales elementos que la conforman.

En el capítulo 2 se describen las técnicas de modulación que se utilizan para el enlace de subida y bajada en la transmisión y los principios básicos que hay detrás de estas modulaciones.

El capítulo 3 analiza las distintas estrategias de recepción multiusuario así como establecer una comparación de características técnicas con tecnologías anteriores como 3G, CDMA y WCDMA.

Por último en el capítulo 4 se realizara el monitoreo y seguimiento en tiempo real en la transmisión y recepción de una señal UMTS-HSDPA dentro una red UMTS, y analizar sus principales parámetros.

INDICE GENERAL

INDICE
INTRODUCCION

CAPITULO 1

CAPITULO 2

CAPITULO 3

CAPITULO 4

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es un estándar europeo desarrollado para redes móviles de tercera generación. UMTS, siglas que en inglés hace referencia a los Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Como punto importante se puede decir que la ITU creó IMT-2000, y a su vez de ésta salió UMTS, cdma2000 y UWC-136. De éstas, UWC-136 se decidió dejar de usar y las otras 2, especialmente UMTS el cual cada vez se usa en más partes del mundo.

UMTS es la propuesta de la ETSI para tercera generación de telefonía celular, siendo éste el sucesor de GSM. UMTS ha sido planeado para funcionar en Europa y los países que deseen adoptarlo.

Desde el comienzo de la discusión de UMTS, la intención ha sido proveer un estándar para un mundo de telefonía móvil personal, dando calidad equivalente a servicios inalámbricos y acceso a una amplia gama de servicios.

La cobertura será hecha por una combinación de tamaños de células en un rango que va de pico células a células globales (provistas por satélite), las cuales inclusive darán servicio a regiones remotas del mundo.

UMTS ha sido concebido como un sistema global, que incluye tanto componentes terrestres como satelitales. Terminales multimodales capaces de funcionar también por sistemas de Segunda Generación (2G), tales como las bandas de frecuencias GSM 900, 1800 y 1900 extenderán aún más el alcance de muchos servicios UMTS.

Un requerimiento clave para UMTS es la alta eficiencia espectral para la mezcla de servicios de las diferentes portadoras, en donde la eficiencia espectral se ha propuesto que sea al menos tan buena como la de GSM para la baja velocidad de transmisión.

El sistema además debe ser flexible para soportar una variedad de capacidad de cobertura y facilitar la evolución de ésta; en donde debe haber uso y relación entre varios tipos de célula dentro de un área geográfica, incluyendo la habilidad para soportar cobertura en áreas rurales.

UMTS soportará el sistema dual GSM/UMTS, en donde por ejemplo, la selección de célula y el procedimiento de voceo será diseñado para acomodar que la red pueda consistir de células GSM, células UTRAN ó combinación de ambas.

El objetivo general del presente trabajo es dar a conocer el funcionamiento de los sistemas de transmisión y recepción en un sistema de tecnología UMTS dentro de la red de radio acceso UTRAN.

Así como también describir las técnicas de modulación que se utilizan para el enlace de subida y bajada en la transmisión y los principios básicos que hay detrás de estas modulaciones. Para finalmente comparar el proceso de dispersión y alternación de la señal.

Finalmente, se tiene un objetivo específico el cual se llevará a cabo mediante el software XCAL-W que nos permitirá simular escenarios de llamadas realizadas y envío de datos dentro de una red UMTS tomando como base una transmisión UMTS-HSDPA, para así poder diferenciar los parámetros que intervienen en determinado proceso.

CAPÍTULO 1

RED DE RADIO ACCESO

1.1. Estructura de la red UMTS

UMTS presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos principalmente:

- UE (Equipo de usuario)
- UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)
- CORE NETWORK (Red central)

Dicho esquema se muestra en la figura 1.1. La interfaz Uu se encuentra entre el UE y la red UTRAN, y entre la ésta y la red central o Core Network se encuentra la interfaz Iu. Cabe destacar que la interfaz entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDMA, es decir, la conexión entre el equipo de usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA.

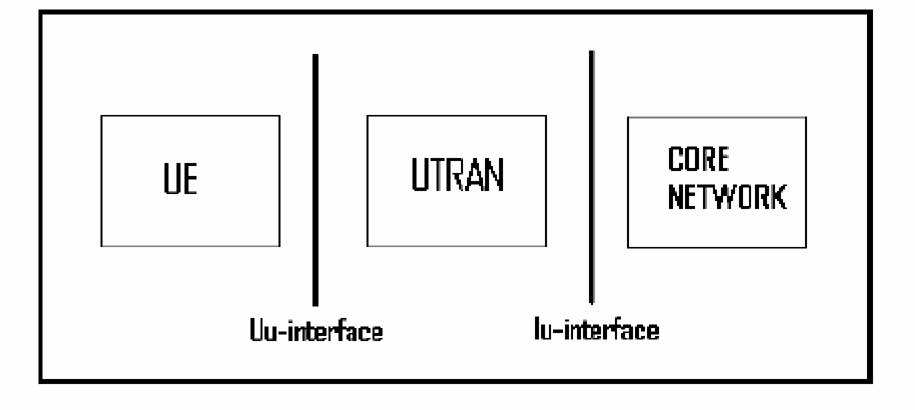


Fig. 1.1. Arquitectura UMTS en un nivel general [1]

Si consideramos una arquitectura más detallada de la red de UMTS, podemos encontrar diferentes elementos como lo son el BSS, BTS, RNS, Nodo B, RNC, MSC, VLR, HLR entre otros que se muestran en la figura 1.2, y diferentes interfaces como lo son: la interfaz Iu, Uu, Iub y Iur entre otras, las cuales interconectan dichos elementos. Más adelante se explicarán más a detalle algunos elementos e interfaces con el objetivo de entender mejor las tramas de comunicación de WCDMA que corresponden con el proyecto.

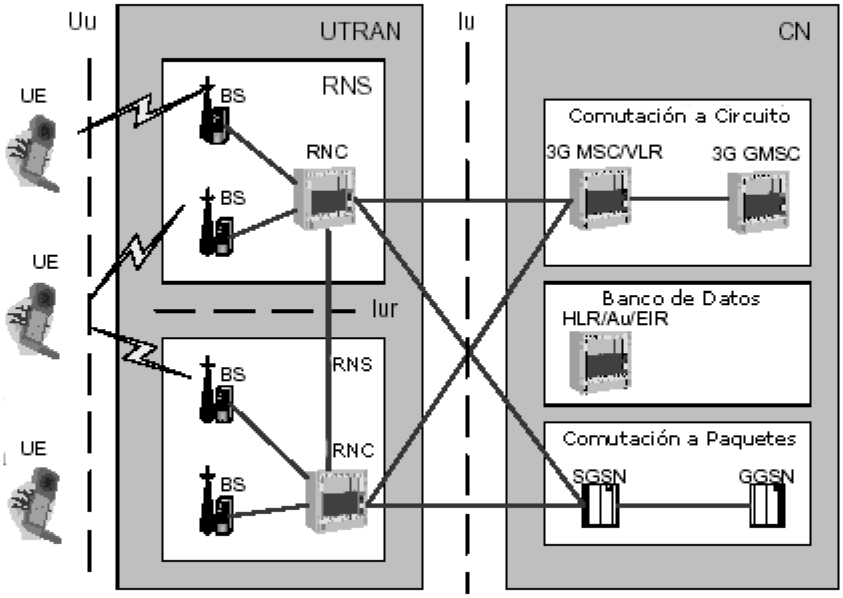


Fig. 1.2. Arquitectura detallada del sistema UMTS [2]

1.1.1. **Descripción de los elementos que forman la red del sistema UMTS.**

1.1.1.1. Equipo de usuario (UE).

El equipo de usuario o UE, también llamado móvil, es el equipo que el usuario trae consigo para lograr la comunicación con una estación base en el momento que lo desee y en el lugar en donde exista cobertura. Este puede variar en su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. Por ejemplo, si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS, debe ser capaz de acceder a la red UTRAN mediante la tecnología de WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil, con la PSTN, ISDN o un sistema diferente como GSM de 2.5G, tanto para voz como para datos.

Algunas de las propuestas para no perder la inversión en la infraestructura de GSM, es crear equipos con sistemas duales, es decir, que puedan acceder a ambas redes, esto mientras que consolida el cambio a 3G, 3.5G y un futuro 4G. El único inconveniente es que el costo de dichos equipos aumentaría de manera considerable, y una de las propuestas desde la 2G es hacer los equipos más económicos y pequeños.

1.1.1.2 Interfaz Uu.

Es el interfaz que une los dos dominios principales: el de usuario y el de infraestructura UTRAN. El interfaz aire Uu utiliza la tecnología WCDMA. Las principales características de WCDMA son las siguientes:

- Puede utilizar los dos tipos de duplexión: FDD y TDD.
- La técnica de acceso utilizada es DS-CDMA de banda ancha.
- La velocidad de chip es constante e igual a 3.84 Mcps.
- La velocidad de datos es variable de 7.5 Kbps a 1920 Kbps por canal.
- El ancho de banda de la portadora es de 5 MHz, se puede aumentar la capacidad del sistema incrementando el número de portadoras.
- La duración de las tramas es constante e igual a 10 ms y se dividen en 15 ranuras de 666.6 us (2/3 de ms) cada una.
- Las estaciones bases no necesitan sincronismo.

- Utiliza propagación por múltiples trayectos, para ello emplea receptores RAKE.
- Emplea detección coherente mediante el uso de símbolos pilotos o un piloto común.

1.1.1.3 Red de acceso de radio UMTS.

UTRAN es el nombre de la nueva red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS y en la que se va a concentrar en los siguientes capítulos. Tiene dos interfaces que lo conectan con la red central y con el equipo de usuario. La interfaz Iu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodo B (en UTRAN las estaciones base tienen el nombre de Nodo B). Ambos elementos juntos forman el RNS (Radio Network Subsystem) La figura 1.3, se muestran los componentes de UTRAN así como sus interfaces.

Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz Iub la cual se encuentra entre el Nodo B y el RNC y la interfaz Iur que conecta a los RNC entre sí.

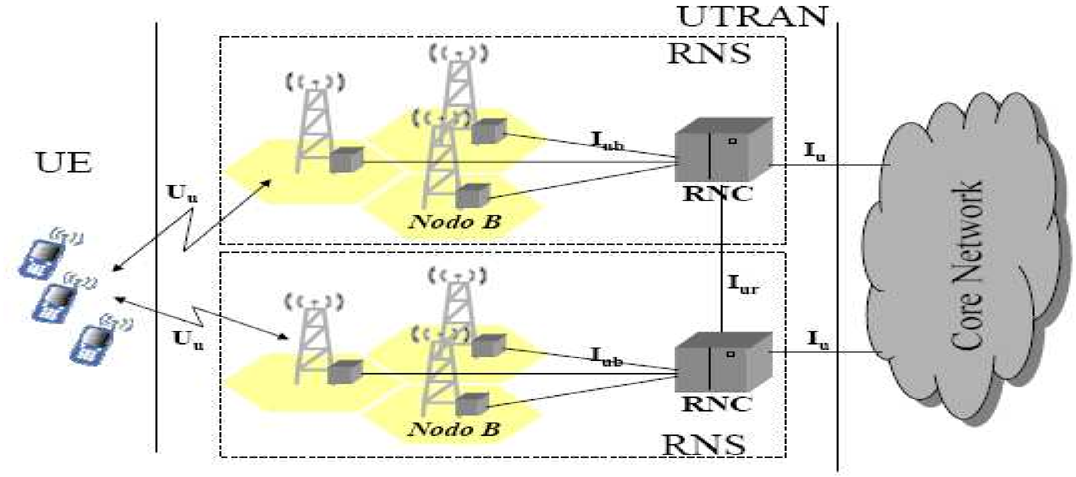


Fig. 1.3. Componentes de UTRAN [3]

1.1.1.4 Interfaz Iu.

Esta interfaz conecta la red central y el UMTS radio Acces Network (URAN), esta es considerada como un punto de referencia. URAN puede tener varios tipos de implementaciones físicas. La primera en ser implementada es UTRAN. La segunda que puede ser implementada es Broadband Radio Acces (BRAN).

El UMTS Satelite Radio Acces Network (USRAN) conecta una red satelital al Core Network, pero esto se tiene pensando implementar en el futuro.

Dentro de Iu, se encuentra Iu-CS e Iu-PS. Iu-CS es la instancia física de Iu hacia el dominio de servicio de conmutación de circuitos de CN. Iu-PS es la instancia física de Iu hacia el dominio de servicio de conmutación de paquetes del CN.

1.1.1.5 Red Central (CORE NETWORK)

El Core Network o Red Central (CN) en el sistema UMTS se basa en la red de los sistemas GSM. Es la encargada del transporte de la información y de la conmutación de circuitos y paquetes. Se encarga de conectar a los usuarios entre sí y con otras redes móviles y fijas para servicios de voz y datos. Está formada por tres dominios: el de Red Servidora (Serving Network), el de Red Base (Home Network o Home Environment) y el de Red de Transporte (Transit Network).

- **Dominio de Red Servidora (SN)**

La SN se conecta a UTRAN a través del interfaz Iu. Representa las funciones de la CN que son locales al punto de acceso del usuario y por tanto cambia cuando el usuario se mueve. En el dominio de SN se encuentran el dominio CS (conmutación de circuitos) y el dominio PS (conmutación de paquetes). La SN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 1.1.

Elemento del Serving Network	Funciones Principales
MSC: Mobile Switching Centre	Se encarga de la conmutación en el dominio CS.
VLR: Visitor Location Register	Base de datos que almacena una copia del perfil del usuario. Almacena información de usuarios de otras redes. Se aloja en MSC y desempaña sus funciones para el dominio CS.
SGSN: Serving GPRS Support Node	Control de autenticación y movilidad. Conversión de protocolos IP del backbone a los utilizados por la UTRAN. Se encarga de la conmutación de datos funciona en el dominio PS.
SCP: Service Control Point	Contiene la lógica de los servicios de red inteligente (ej. servicios prepago). Desempeña sus funciones en el dominio CS.

Tabla 1.1. Elementos del domino SN

- **Dominio de Red Base (HN o HE)**

La HN se conecta a la SN a través del interfaz Zu. Representa las funciones de la CN que son conducidas a una ubicación permanente independiente del lugar de acceso del usuario. Entre las funciones que desempeña son la gestión de suscripción y datos de los abonados. La HN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 1.2.

Elemento del Home Network	**Funciones Básicas**
HLR: Home Location Register	Base de datos que almacena una copia del perfil del usuario. Almacena la información de la ubicación del usuario a nivel del dominio SN.
AuC: Authentication Centre	Realiza funciones de identificación de usuarios.
EIR: Equipment Identity Register	Base de datos que contiene permisos e información relativa al equipo terminal.

Tabla 1.2. Elementos del domino HN

- **Dominio de Red de Transporte (TN)**

La TN se conecta a la SN a través del interfaz Yu. Se encarga de la comunicación entre la SN y la parte remota. Controla el establecimiento y liberación de conexiones. Se encarga del transporte de la información de tráfico y señalización dentro de la red y hacia otras redes a través de la red troncal. La TN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 1.3

Elemento del Transit Network	Funciones Básicas
MGW: Media Gateway	Conmutación de la información hacia la red troncal. Procesamiento y adecuación de la información.
GMSC: Gateway Mobile Switching Centre	Control de conexiones entrantes y salientes.
GSGN: Gateway GPRS Support Node	Establecer rutas de llamadas hacia el MSC. Enrutamiento de los paquetes. Manejo de direcciones IP. Gestión de la calidad de servicio

Tabla1.3. Elementos del dominio TN

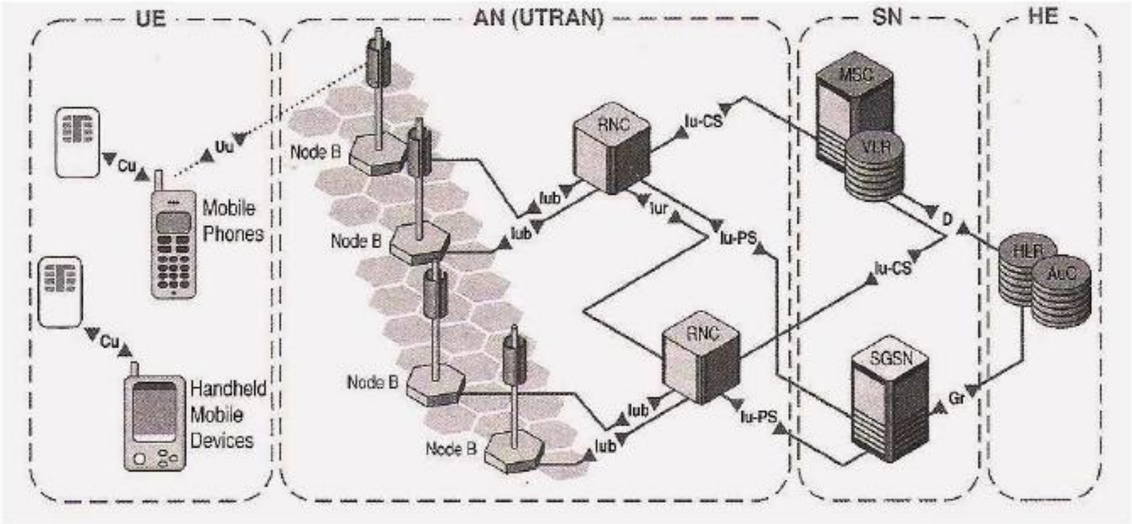


Fig. 1.4. Elementos del dominio de SN y del dominio de HE [4]

1.2. Arquitectura UTRAN

La red de acceso UMTS consta de uno o más subsistemas RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS cubre un conjunto de células UMTS, siendo responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de estaciones base (Nodos-B). Dentro de la red radio se definen dos tipos de interfaces: el interfaz Iub entre cada Nodo-B y el RNC que lo controla y el interfaz Iur entre RNC's. Este último interfaz, permite la comunicación directa entre RNC's para el soporte de traspasos suaves (Soft-Handover) entre estaciones bases pertenecientes a distintos RNC's. La red radio también posee dos interfaces externos: el interfaz radio Uu, basado como ya se ha dicho en WCDMA, y el interfaz Iu con el núcleo de red. Este último se subdivide lógicamente en dos interfaces: Iu-CS hacia el dominio de conmutación de circuitos e Iu-PS hacia el dominio de conmutación de paquetes como se puede apreciar en la figura 1.5.

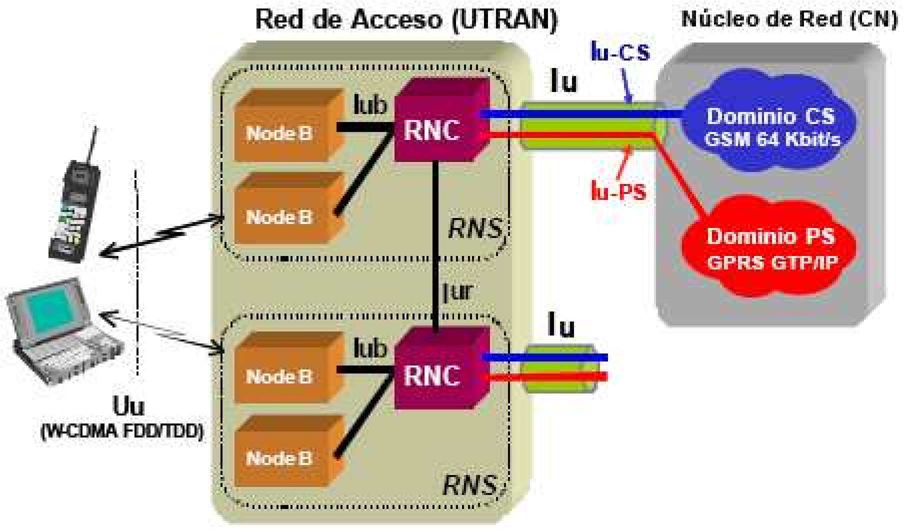


Fig.1. 5. Red de acceso UTRAN [5]

1.2.1. RNC (Radio Network Controller).

El RNC controla a uno o varios Nodos B. El RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz IuCS o con un SGSN (Serving GPRS Support Node) mediante la interfaz IuPs figura 1.6. La interfaz entre dos RNC's es lógica y es la interfaz Iur por lo tanto una conexión directa entre ellos no es necesario que exista. Si comparamos al RNC con la red de GSM, éste es comparable con el BTS (Base Station Controller).

Dentro de las funciones ejecutadas por el RNC están:

- Control de admisión de llamada.
- Control de potencia y control de congestión.
- La comunicación entre RNC's es realizada mediante el interfaz Iur.
- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz Iu.
- Control de los recursos lógicos O&M del Nodo B.
- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.

- Manejo de tráfico de los canales comunes.
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.
- Manejos de los reportes.
- Combinación en la macro diversidad y división de las tramas de datos transferidas sobre muchos nodos B.
- Asignación de códigos de canalización en el enlace de bajada.

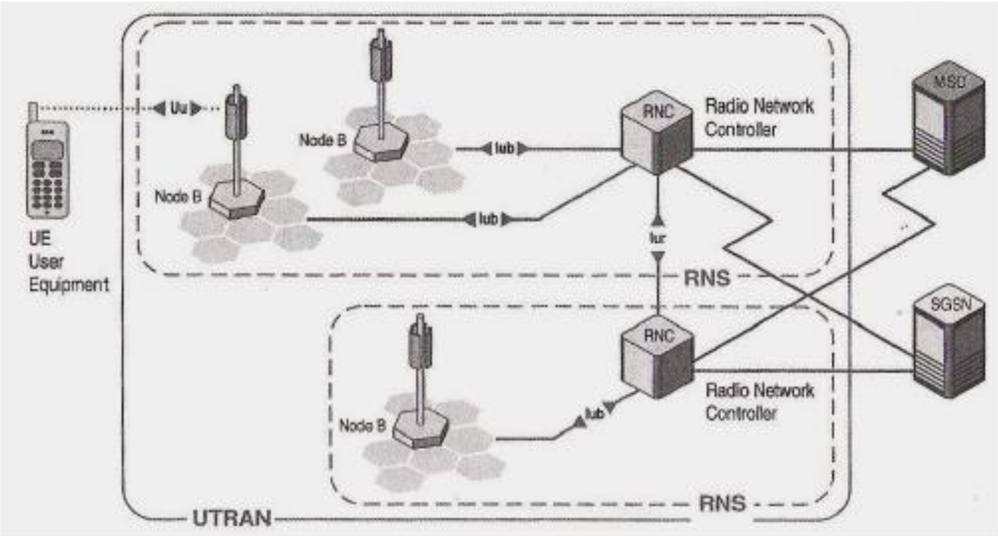


Fig. 1.6. Domino de Red de Acceso (UTRAN). Está formada por varios RNC's. [6]

1.2.2. Estación Base (BS, Nodo B)

En el nodo B es el equivalente en UMTS del BTS (Base Tranceiver Station) de GSM. El nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo las especificaciones hablan de una sola célula por nodo B.

Dentro de las funciones ejecutadas por el nodo B están:

- Transmisión y recepción de y hacia los móviles: acceso múltiple, FEC, adaptación de velocidades, ensanchado, modulación.
- Implementación lógica del O&M.
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.
- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo al horario determinado por RNC.
- Combinación de para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas al Nodo B.

- En el modo FFD, el control de potencia de lazo cerrado en el enlace de subida.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.

En el nodo B se encuentra la capa física de la interfaz aérea, es por ella que además de las funciones que debe ejecutar por su naturaleza, debe realizar las funciones propia de la capa 1 (capa física).

La principal tarea del Nodo B es el intercambio de información en la interfaz Uu. Midiendo calidad e intensidad de la señal, determina e informa además el FER al RNC como reportes de HO y macro diversidad.

1.2.2.1 Estructura de la estación base

La estación Base (BS) puede considerarse como el borde de la radio UTRAN y, por tanto, su tarea es llevar a cabo la recepción de señal de radio y transmisión (Tx y Rx) figura 7, filtrado de la señal y la amplificación, la modulación y demodulación de señal, y la interfaz de la RAN.

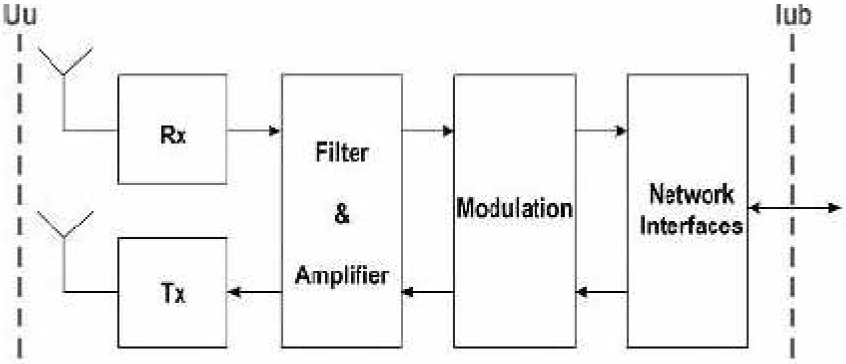


Fig. 1.7. Diagrama del sistema de transmisión y recepción de la BS [7]

CAPÍTULO 2

ESTUDIO Y DISEÑO DE TRANSMISORES PARA UMTS

2.1. Introducción

El procesamiento de la señal en transmisión consta básicamente de los siguientes pasos: Transmisión de enlace de bajada, dispersión (*spreading*), y alternación (*scrambling*) Transmisión de enlace de subida.

2.2. Metodología y modelo del sistema

Al hablar de un sistema de tercera generación de telefonía celular, dentro de una gama de posibilidades de técnicas de modulación, las más utilizadas pueden ser FSK, ASK, PSK.

El sistema UTRAN para sistemas 3G y 3.5G utiliza WCDMA que consiste en la modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) y 16QAM en el enlace de bajada. Por su parte en el enlace de subida, UTRAN utiliza un esquema de combinaciones complejas en donde UTRAN utiliza generalmente el nombre de QPSK de canal dual como se muestra en la figura 2.1 respectivamente.

La tasa de chips de la modulación es de 3.84 Mcps (QPSK, 16QAM) y de baja velocidad es de 1.284 Mcps se utilizándose 8PSK.

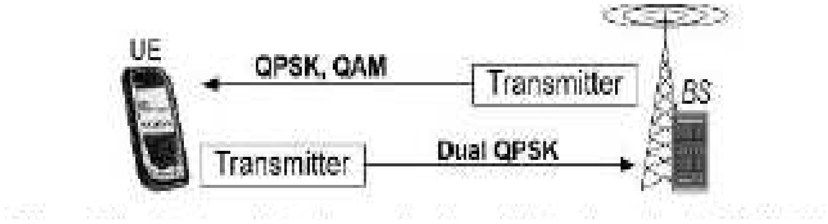


Fig.2.1. Métodos de modulación usados un transmisor UMTS. [8]

2.3. Transmisores propuestos para UMTS

2.3.1. Transmisión en enlace de bajada, dispersión (spreading)

El objetivo de esta modulación inicial es lograr mayor eficiencia en la expansión del espectro. A la entrada del modulador tenemos bits mientras que a la salida tenemos símbolos. La modulación que se utiliza para el enlace de bajada es QPSK o 16QAM, donde cada símbolo lleva un bit. Mientras que para el enlace de subida se utiliza dual QPSK, donde cada símbolo lleva dos bits.

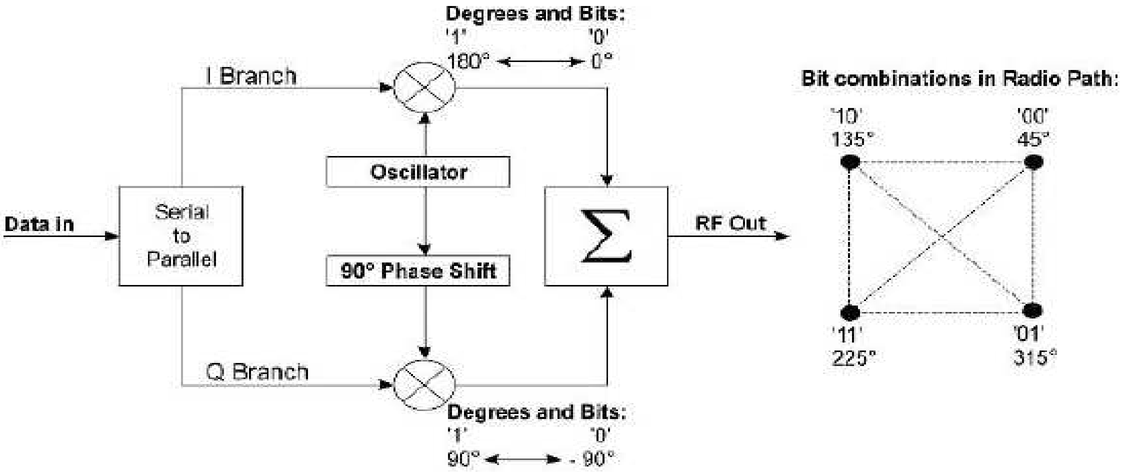


Fig. 2.2. Principio detrás de la modulación QPSK [9]

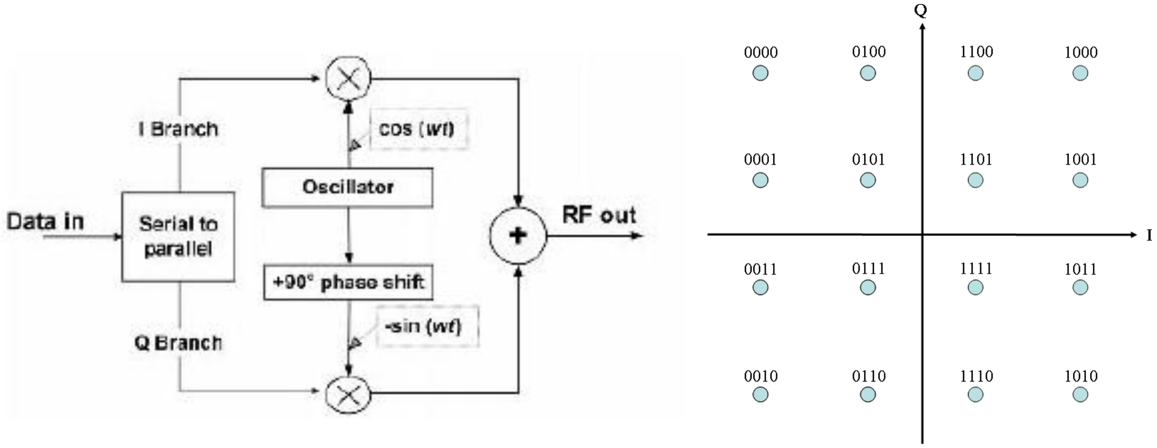


Fig.2.3. Proceso Básico de la modulación QAM, se muestra la constelación 16QAM. [10]

Dispersión de la señal: en esta etapa se multiplica a la señal modulada en baja frecuencia por una función de dispersión. Los objetivos de esta etapa son ensanchar la señal y diferenciar los canales o conexiones. Para expandir el espectro se utiliza DS que consiste en la generación de un código de dispersión binario con la velocidad de 3.84 Mcps.

El código de dispersión también es llamado Secuencia de Pseudoruido (PN *Pseudonoice*) o Código de Canalización (*Channelization Code*). En WCDMA el código de dispersión utilizado es OVSFC (*Ortoghonal Variable Spreading Factor Code*). Este código tiene un factor de dispersión (SF) que es variable dependiendo de la velocidad de datos, el SF determina el número de bits que tiene el código (2n). Véanse las tablas 2.1 y 2.2.

EL SF es inversamente proporcional a la velocidad de la señal, es decir a mayor velocidad existen menos posibilidades de códigos diferentes. Los posibles valores de SF para WCDMA son[1]:

- FDD Uplink: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
- FDD Downlink: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512
- TDD: 1, 2, 4, 8, 16

La asignación de códigos depende de la velocidad de símbolo y de la existencia de un código diferente para cada canal, las siguientes tablas muestran cómo puede realizarse la selección del SF para diferentes velocidades en el modo FDD que es utilizado por UMTS.

---

[1] Para transmisiones de señalización únicamente se utiliza un SF de 256.

Factor de dispersión	Velocidad de chip (Mcps)	Velocidad de símbolo (Ksps)	Velocidad de bit (Kbps)	Velocidad efectiva (Kbps)
512	3.84	7.5	15	7.5
256	3.84	15	30	15
128	3.84	30	60	30
64	3.84	60	120	60
32	3.84	120	240	120
16	3.84	240	480	240
8	3.84	480	960	480
4	3.84	960	1920	960

Tabla 2.1. Valores de SF en downlink para WCDMA

2.3.2. Transmisión en enlace de subida, alternación (scrambling)

El objetivo es adaptar la señal al medio de transmisión. Para el enlace de subida se utiliza la modulación OQPSK. La modulación OQPSK retrasa la señal con respecto a QPSK en 0.5 bits. El proceso que se sigue en QPSK es:

- Conversión serie/paralelo.
- Construcción de dos secuencias a velocidad V/2, separando en una secuencia los bits pares y en otra los bits impares.
- Cada secuencia obtenida modula una portadora desfasada 90° respecto a la siguiente.
- Se suman las señales resultantes.

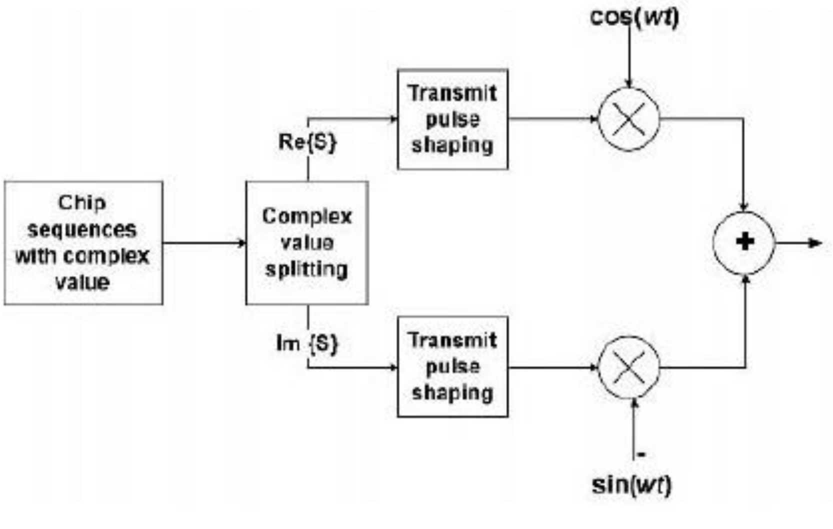


Fig. 2.4. Diagrama de bloques de la Modulación de subida en UTRAN (QPSK) [11]

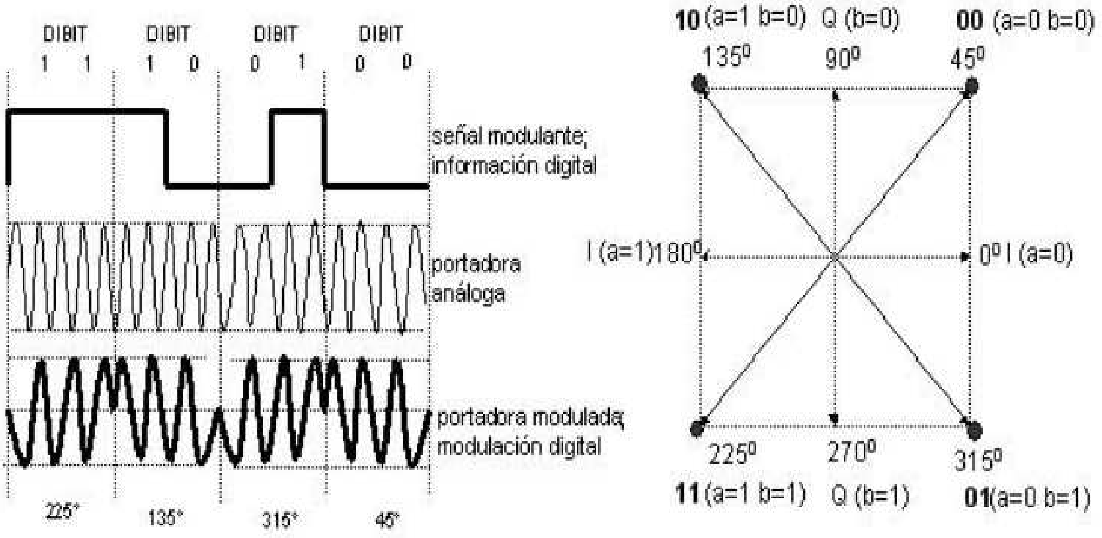


Fig. 2.5. En la modulación QPSK se usan 2 bits para representar cada uno de los 4 estados y estos se encuentran desfasados 90 grados respecto al siguiente. [12]

Alternación de la señal: es el proceso de multiplicar la señal dispersada por otro código binario (función de alternación) pero sin alterar el ancho de banda de la señal, para ello la duración del bit del código binario es igual a la duración del *chip* de la señal dispersada.

El objetivo de esta etapa es distribuir uniformemente la potencia en el espectro. Además la alternación permite diferenciar las comunicaciones en el enlace de bajada para los usuarios de celdas o sectores diferentes. En el enlace de subida permite diferenciar las transmisiones de terminales diferentes.

Los códigos utilizados para el enlace de subida pueden ser largos o cortos. Los códigos cortos tienen un *chip rate* de 256 cps[2], mientras que los códigos largos están limitados a 3.84 Mcps. Se dispone de varios millones de diferentes códigos por lo que no es necesaria la planificación de códigos. Los códigos cortos se seleccionan de la familia de códigos extendida S(2) y los largos de la familia de códigos Gold. Los códigos utilizados para el enlace de bajada son códigos largos. La familia de códigos utilizada son los Gold. Sin embargo el número de códigos utilizados está limitado a 512 de otra forma el proceso de búsqueda del código correcto en la celda sería excesivo. Por ello se requiere planificación de códigos en la celda.

---

[2] Los códigos cortos son utilizados cuando la estación base utiliza receptores RAKE.

Factor de dispersión	Velocidad de chip (Mcps)	Velocidad de símbolo (Ksps)	Velocidad de bit (Kbps)	Velocidad efectiva [3](Kbps)
256	3.84	15	15	7.5
128	3.84	30	30	15
64	3.84	60	60	30
32	3.84	120	120	60
16	3.84	240	240	120
8	3.84	480	480	240

Tabla 2.2. Valores de SF en uplink para WCDMA

---

[3] La velocidad efectiva de usuario es aproximada y se considera un factor de ½ para codificación.

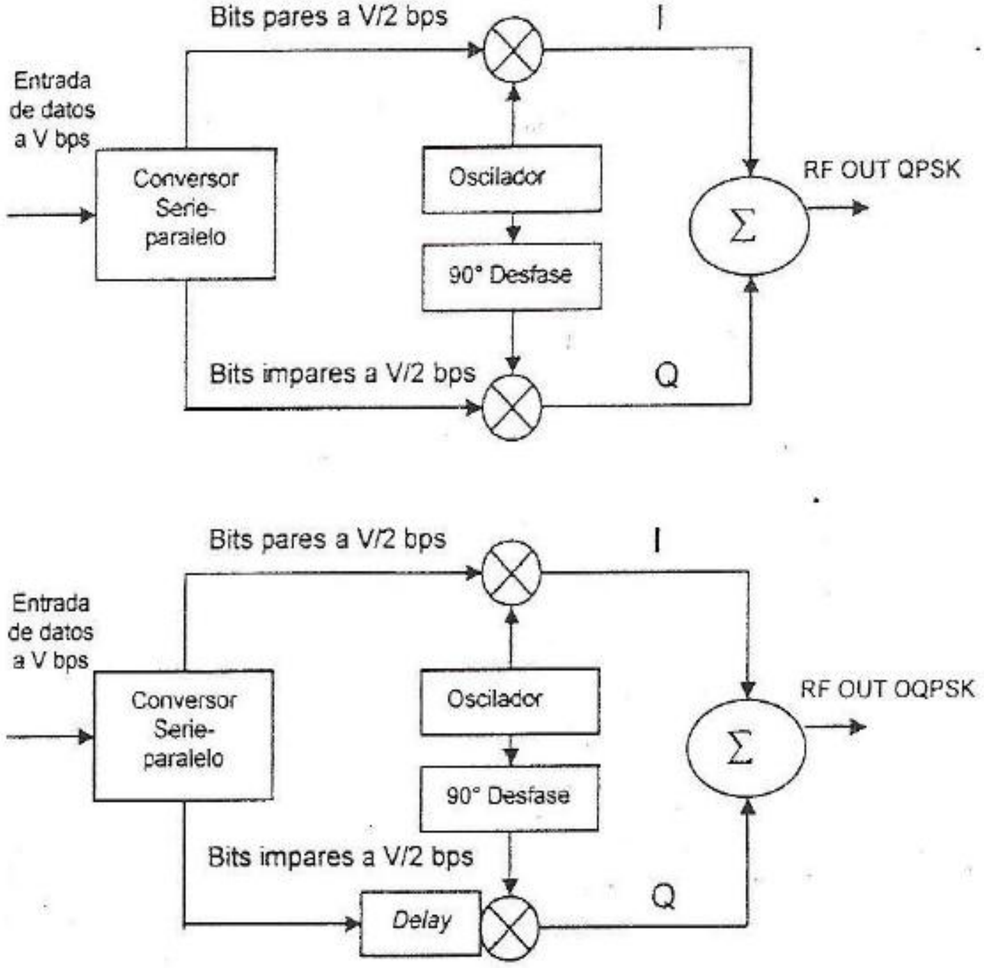


Fig.2.6. Modulación OQPSK vs QPSK [13]

CAPÍTULO 3

ESTUDIO Y DISEÑO DE RECEPTORES PARA UMTS

3.1. Introducción

Debido a las necesidades de eficiencia espectral que UMTS requiere, resulta conveniente explorar y desarrollar los receptores basados en detección multiusuario. Por la propia naturaleza del proceso de detección, su aplicación es adecuada en las estaciones base de la red UTRAN (Nodos-B), que deben ser capaces de recibir al mayor número de usuarios posible dentro de su área de cobertura y donde las limitaciones en cuanto a complejidad no son tan grandes como en los terminales móviles. En la siguiente figura se muestra el ámbito de aplicación de las técnicas a desarrollar:

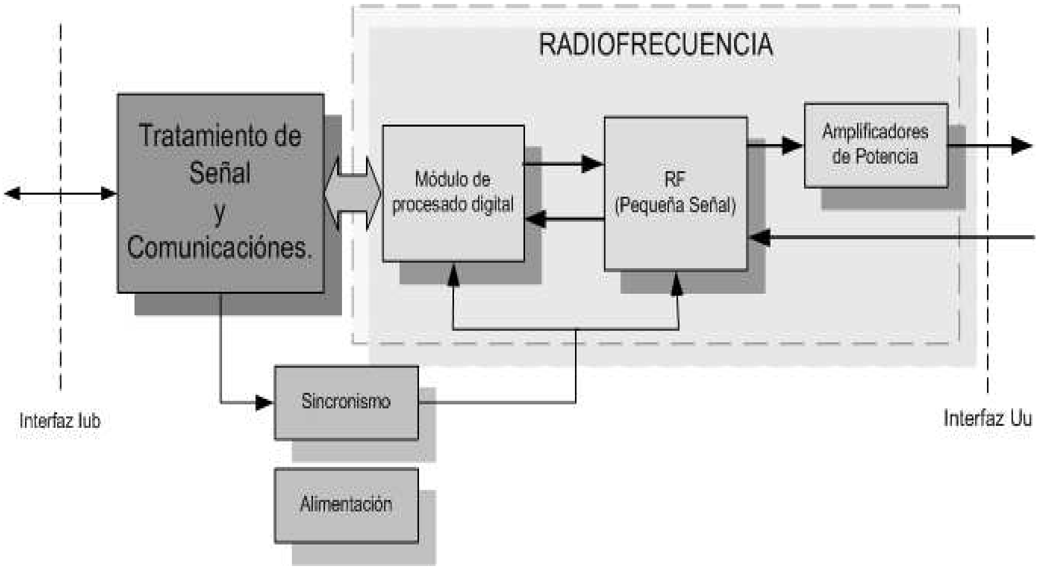


Fig.3.1. Ámbito de aplicación a técnicas a desarrollar. [14]

3.2. Detección Multiusuario

Las técnicas de detección multiusuario tienen como objetivo la demodulación conjunta de señales digitales de información mutuamente interferentes.

Las áreas de aplicación de dichas técnicas se extienden a múltiples ámbitos de las comunicaciones comerciales tales como la telefonía móvil celular, comunicaciones por satélite o televisión digital.

3.3. Receptores propuestos para UMTS

Para la fase de diseño se ha tomado como base el análisis de las distintas estrategias de recepción multiusuario previamente realizado, y en ella se desarrollan en los siguientes receptores, siguiendo las características de la especificación técnica para UMTS de 3G, tomándose en cuenta q los tres primeros son de tecnología CDMA y el ultimo de tecnología WCDMA respectivamente, y que se está utilizando en la actualidad.

El motivo de explicar los tres primeros es que tienen que ver en el desarrollo de un receptor UMTS de última generación.

1. Filtro Adaptado
2. SIC (*Successive Interference Canceller*)
3. PIC (*Parallel Interference Canceller*)
4. RAKE

3.3.1. Filtro Adaptado

Un Filtro Adaptado es un sistema lineal invariante cuya función principal es detectar la presencia de una señal conocida, o referencia, dentro de una señal recibida. La señal a la salida del filtro será la correlación de la señal referencia con la señal desconocida.

El filtro adaptado es el sistema óptimo para maximizar la SNR en presencia de ruido blanco aditivo y gaussiano. Su uso es común en aplicaciones de radar, donde se envía una señal que luego se pretende detectar. Los filtros adaptados bidimensionales son usados en el tratamiento digital del sonido.

El Filtro Adaptado se establece mediante simulación el denominado límite monousuario, dado que para el caso particular de un solo usuario en el sistema, el Filtro Adaptado resulta equivalente al receptor óptimo. Será este límite el que determinará la mínima probabilidad de error de bit (BER) con la que un usuario se podrá detectar.

En la siguiente figura se representa un esquema de la estructura propuesta, el límite monousuario obtenido, así como una muestra de la sensibilidad del receptor frente al aumento de carga en la celda y de la evolución de la BER en función del número de usuarios activos.

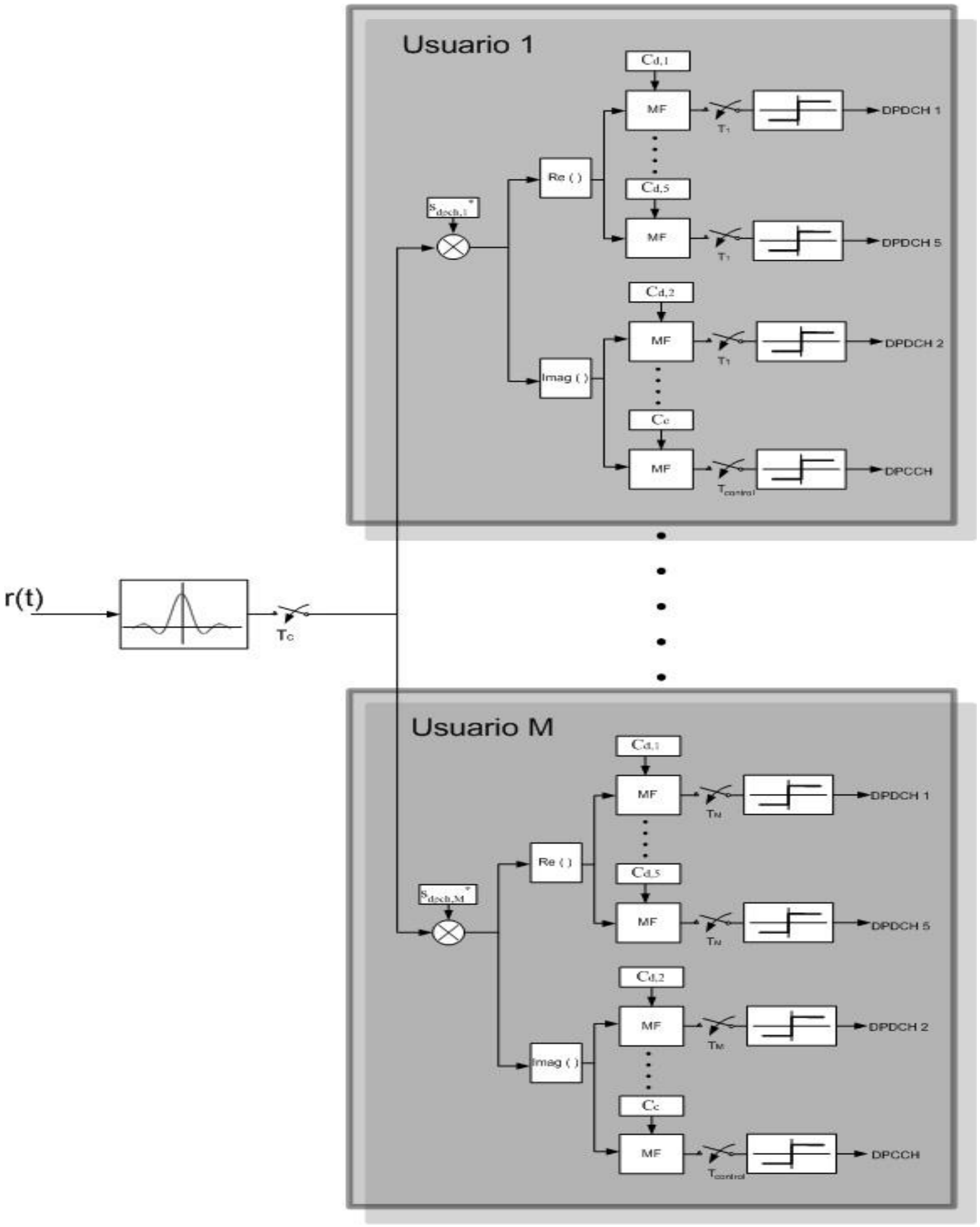


Fig.3.2. Estructura de un Filtro Adaptado. [15]

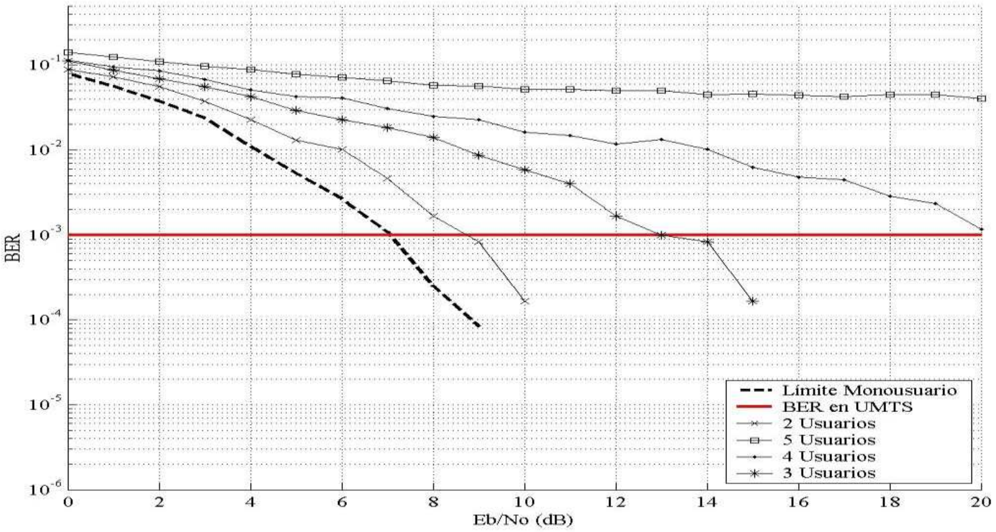


Fig.3.3. Caso de múltiples usuarios con la misma potencia en el Filtro Adaptado.

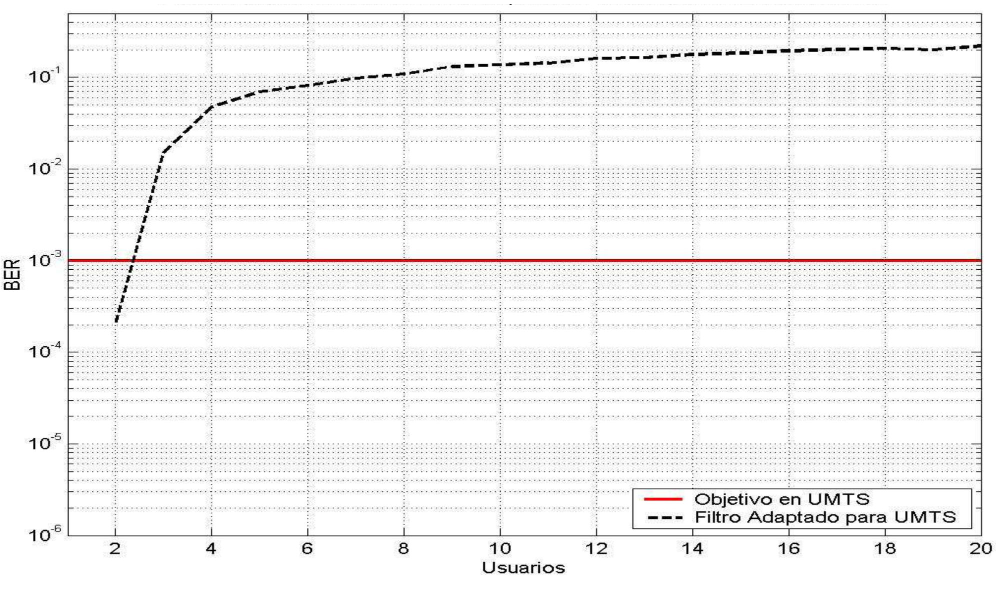


Fig.3.4.Probabilidad de error en el Filtro Adaptado en función del número de usuarios. [16]

Además se obtienen distintas evoluciones de la probabilidad de error en función de la relación de energía por bit a densidad espectral de ruido (Eb/No) o del número de usuarios activos para distintas condiciones de control de potencia.

La principal conclusión que se extrae de los resultados de simulación es que el Filtro Adaptado, por sí solo, representa una opción poco potente en lo que a detección multiusuario se refiere, aunque debido a su extremada sencillez, no deja de ser una opción viable de cara a su utilización en un sistema comercial.

3.3.2. El SIC (*Successive Interference Canceller*)

En esta sección del capítulo se realizará un estudio de las principales características de un receptor multiusuario basado en la técnica de cancelación de interferencias sucesiva (SIC, Successive Interference Cancellation), Concretamente, los receptores que se desarrollarán serán los llamados 'de banda ancha', ya que la cancelación se realizará sobre la señal esparcida espectralmente.

Como su propio nombre indica, en recepción SIC, el proceso de detección –cancelación ocurre de forma sucesiva.

Así, en cada iteración los usuarios se ordenan en orden creciente de potencia, y se recibe al primer usuario (el de mayor potencia), ya que será el que presente una mayor relación señal a interferencia, se reproduce la interferencia generada por ese usuario y se resta a la señal recibida.

Así, se puede considerar, si las decisiones han sido correctas, que la señal recibida contiene un usuario menos, por lo que el proceso se puede repetir hasta que quede un solo usuario, reordenando a los usuarios no cancelados en orden creciente de energía al principio de cada iteración.

En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado de la estructura propuesta para UMTS:

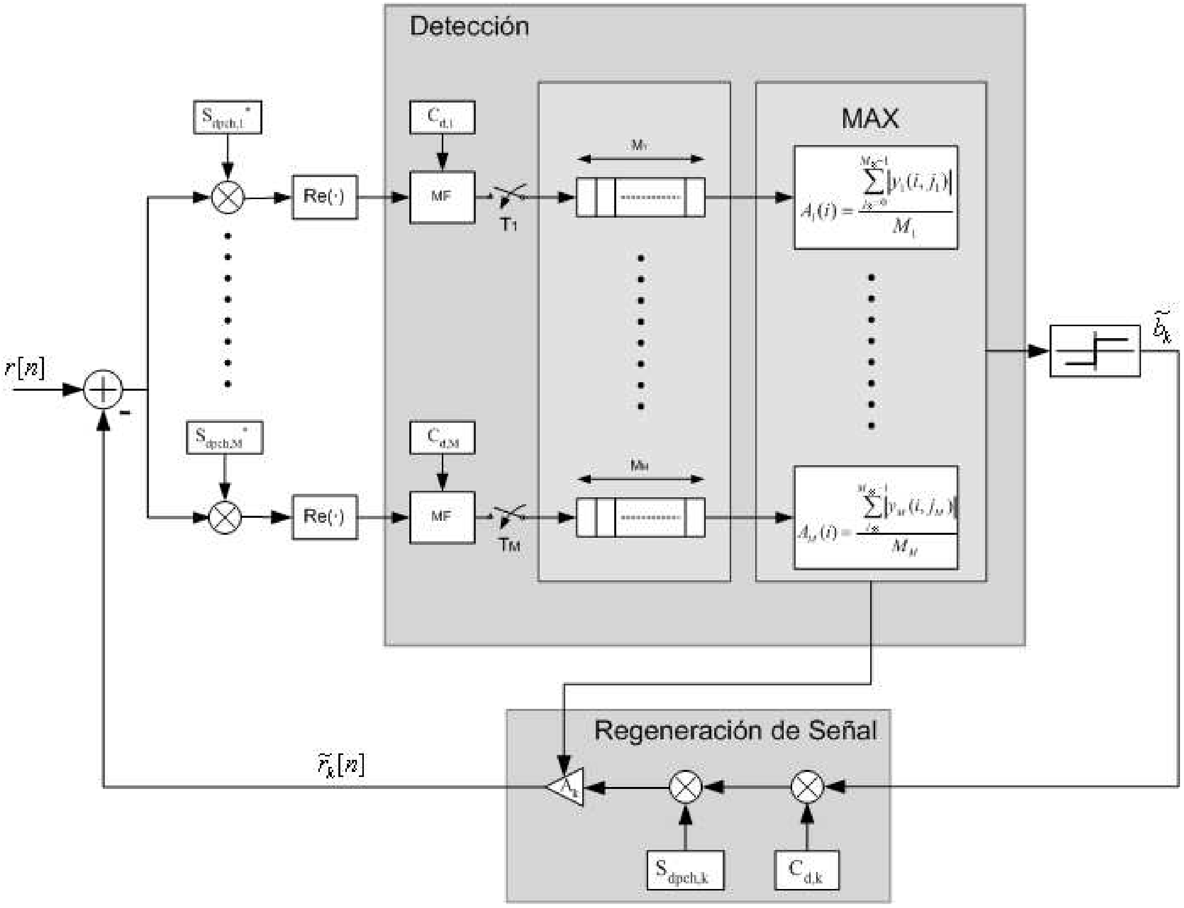


Fig.3.5. Esquema simplificado del SIC. [17]

La solución adoptada para la estimación de amplitud de usuarios con diferentes velocidades de transmisión es la siguiente:

Dado que el periodo del código de ‘scrambling’ es fijo y de longitud 256 chips, se toma como estimación de amplitud una media del valor absoluto de los estadísticos de decisión obtenidos en un periodo de código de ‘scrambling’ para cada usuario.

A continuación se muestran algunos de los resultados de simulación obtenidos:

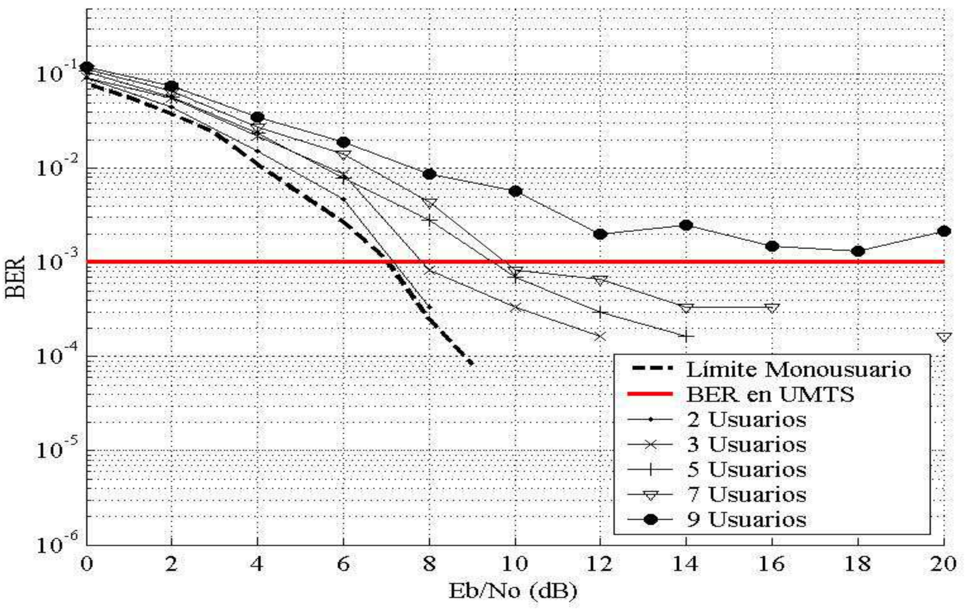


Fig.3.6.Evolucion de la BER en el SIC – Caso de múltiples usuarios con distinta potencia. [18]

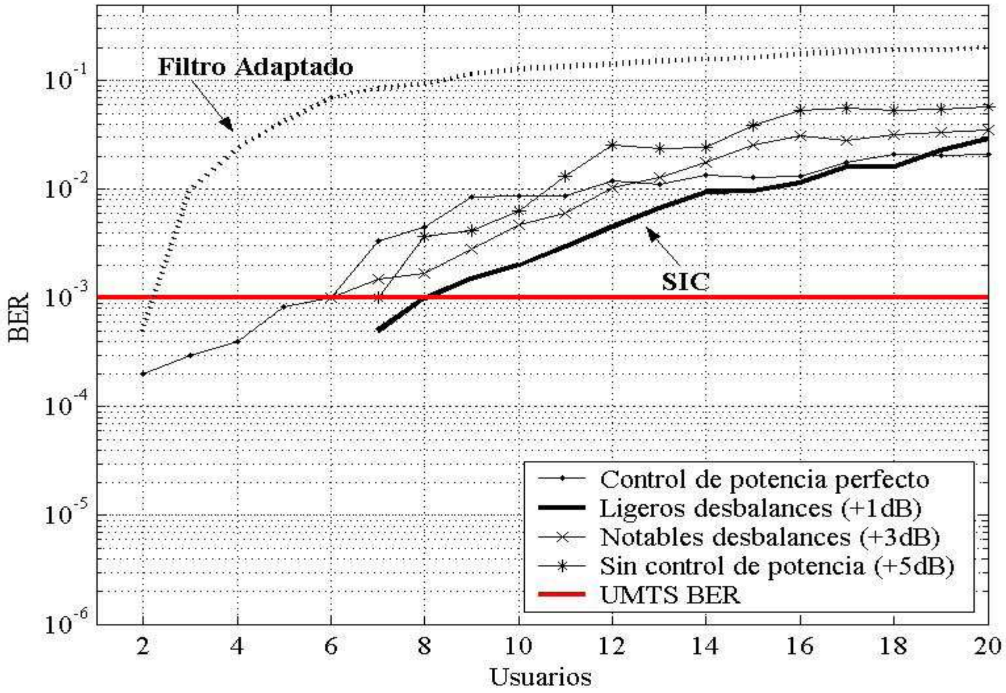


Fig.3.7.Comparativa SIC vs control de potencia para Eb/No =13dB. [19]

La principal conclusión que de esta sección del capítulo que se extrae es la notable mejora en prestaciones respecto al filtro adaptado, subrayando especialmente la extraordinaria capacidad de rechazo al efecto ‘cerca – lejos’ que el SIC posee.

3.3.3. PIC (Parallel Interference Cancellation)

La técnica que más interés ha despertado de cara a su aplicación comercial es la PIC (Parallel Interference Cancellation).

Las distintas alternativas consideradas son las siguientes:

- Cancelación total en una sola etapa.
- Cancelación total multietapa.
- Cancelación parcial mediante una estructura simplificada.
- Cancelación parcial mediante una estructura sofisticada.

Las estructuras multietapa propuestas se pueden representar mediante la siguiente figura conceptual, donde tras una etapa de entrada basada en Filtros Adaptados, los estadísticos de decisión sucesivamente se refinan para eliminar la interferencia multiacceso que unos producen sobre otros:

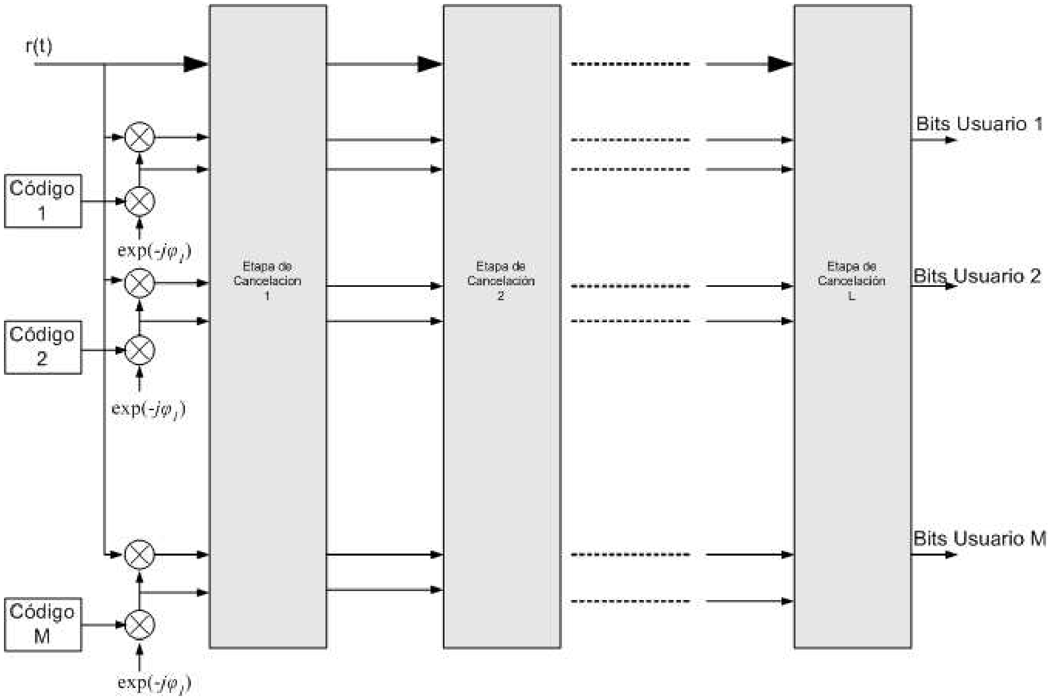


Fig.3.8. Esquema de la estructura del PIC. [20]

A través de los resultados de simulación se demuestra la inestabilidad del la solución basada en cancelación total, tanto de una etapa como multietapa, debido a la falta de fiabilidad de los estadísticos obtenidos en la etapa inicial, donde las sucesivas etapas no solo no mejoran, sino que empeoran la probabilidad de error de bit (BER) para un determinado usuario:

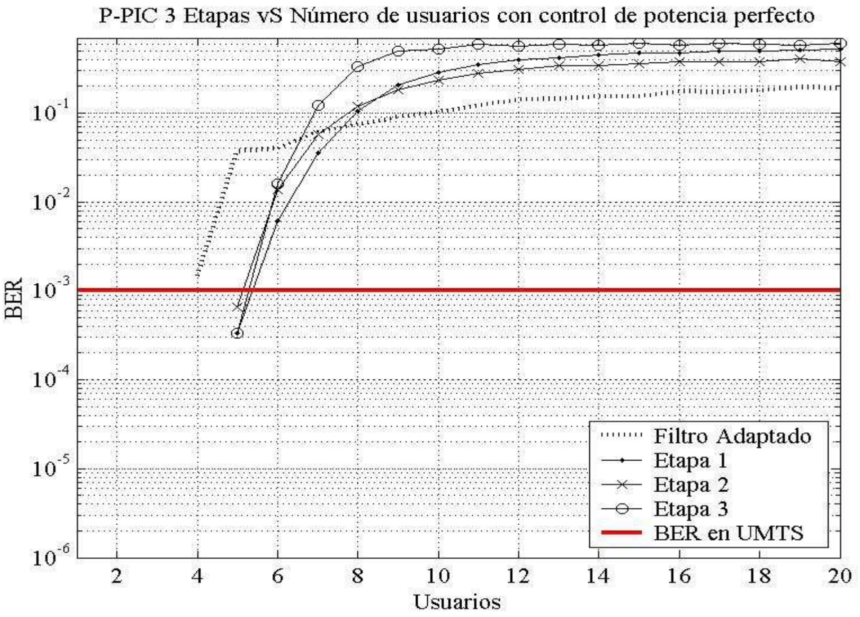


Fig.3.9. P-PIC 3 Etapas vs Numero de usuarios con control de potencia perfecto. [21]

	FA	SIC	PIC
SENSIBILIDAD (Eb/No)	Muy baja	Media	Alta
RESISTENCIA (‘CERCA-LEJOS’)	Muy baja	Muy Alta	Alta
RESISTENCIA (‘MAI’)	Muy baja	Media	Alta
RETARDO	Bajo	Alto	Medio
VERSATILIDAD EN EL DISEÑO	Baja	Media	Alta
COMPLEJIDAD Y COSTE	Baja	Media	Alta

Tabla 3.1. Características cualitativas de los receptores (FA, SIC,PIC)

3.3.4. RAKE

Dentro de la arquitectura de acceso radio UMTS en lo q se refiere WCDMA, el Nodo B implementa lo que se conoce como receptor RAKE y ultimo receptor a estudiar en este capítulo, el cual consiste en un filtro adaptado a la señal multi-trayecto recibida que se puede aproximar mediante un conjunto de réplicas con retardos múltiplos del periodo de chip Tc. Esta discretización de los retardos está justificada por el ancho de banda limitado de la señal transmitida, o equivalentemente por la resolución temporal finita con que el receptor puede distinguir las componentes multitrayecto que se explica detalladamente en el anexo B. La estructura básica del receptor se muestra en la Fig. 3.18.

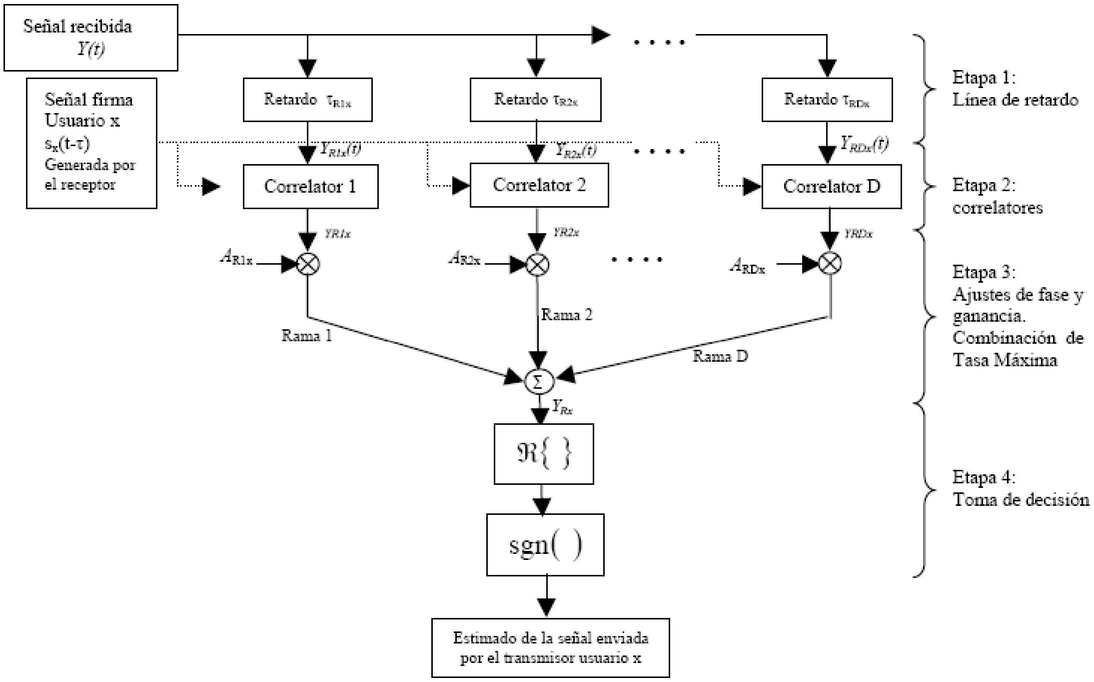


Fig.3.10. Receptor RAKE. [22]

Las salidas de las M ramas se integran y se combinan para obtener la variable de decisión. En todo sistema de comunicaciones digitales, el receptor basado en un filtro adaptado debe incluir circuitos de recuperación de portadora y de sincronismo de símbolo. El primero es necesario para conocer la frecuencia y fase de la portadora, de modo que pueda hacerse una demodulación coherente. El segundo determina el instante en el que se muestrea la salida del correlador o filtro adaptado, que debe coincidir con el final del periodo de símbolo. En sistemas CDMA, o de espectro ensanchado en general, debe existir además un subsistema de sincronismo de código que permita alinear la señal código en el receptor con la señal recibida, de modo que pueda llevarse a cabo el desensanchado de ésta. Ésta información será la que se utilizará en el presente apartado para estimar desplazamientos relativos respecto a una posición inicial del terminal móvil.

La información de sincronismo de los códigos de ensanchado se obtiene directamente del Nodo B en el cual se cursó la batería de llamadas para llevar a cabo la comprobación de la validez del método. Dicha información de sincronismo con respecto al Nodo B proporciona un valor de referencia temporal de sincronismo para cada rama del receptor RAKE. Si un terminal móvil se encuentra estático, dicho valor tendrá muy poca o nula variación en media, sin embargo, si el terminal móvil experimenta algún desplazamiento, las contribuciones multitrayecto llegarán con distintos retardos lo cual se traducirá en variaciones positivas o negativas de la información de sincronismo en función de si el terminal móvil se aleja o acerca a la estación base en cuestión.

Características del algoritmo del receptor RAKE.

El algoritmo debe conocer los siguientes parámetros:

- Los retardos de la señal multi-trayectoria.
- Las fases de los componentes de la señal multi-trayectoria.
- Las amplitudes de los componentes de la señal multi-trayectoria
- El número de los componentes de la señal multi-trayectoria

Con esta información el receptor realiza las siguientes operaciones:

- Sincronización del retardo del tiempo
- Sincronización de la fase de la portadora
- Trazado de la amplitud
- Colocación de los dedos del receptor.

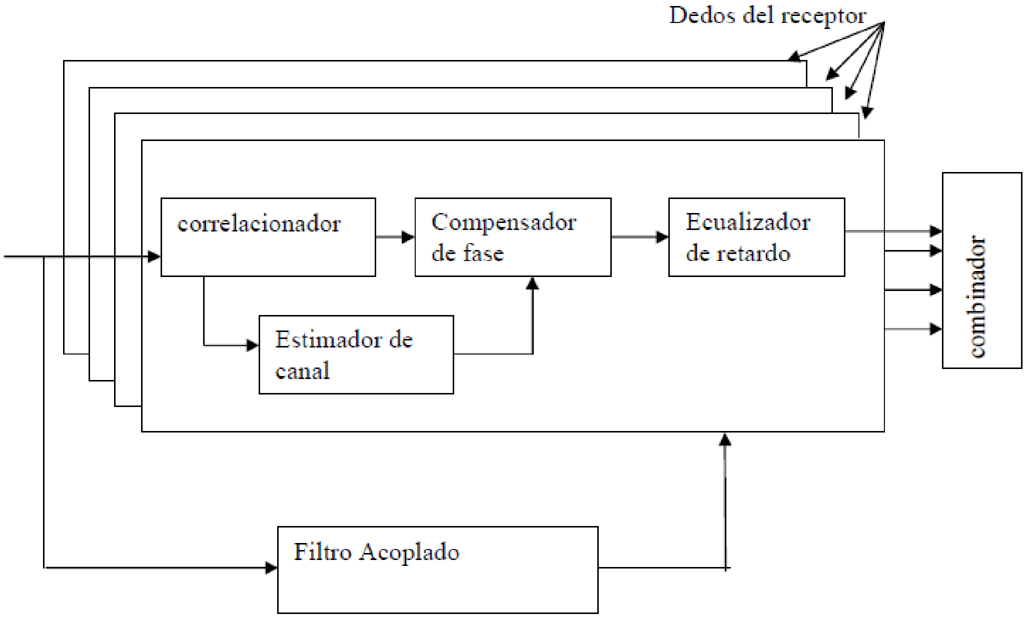


Fig. 3.11. Estructura del Receptor RAKE. [23]

En receptores RAKE prácticos la siguiente funcionalidad para sincronización es necesaria:

- Control automático de ganancia (AGC), para compensar los cambios en nivel.
- Control automático de frecuencia (AFC), para compensar el corrimiento en frecuencia del oscilador local y para compensar el corrimiento Doppler.

- Adquisición de la respuesta al impulso del canal y rastreado para posicionar los dedos del receptor.
- Seguimiento del retardo del canal para localizar los componentes de la señal multi-trayectoria.
- Rastreado de los coeficientes complejos del canal para obtener recepción coherente.

El receptor RAKE es una técnica de recepción la cual utiliza la correlación de la señal multi-trayectoria, para procesar individualmente algunos componentes de esta señal. Las salidas de los elementos de correlación se combinan para alcanzar una mejor recepción en la comunicación. Cada elemento de correlación en el receptor RAKE es llamado “Dedos de Recepción-RAKE”. El receptor móvil combina las salidas de los dedos de Recepción-RAKE coherentemente. Típicamente, los receptores móviles tienen 3 dedos de recepción RAKE, y las estaciones base tienen de 4 a 5 dedos de recepción-RAKE, dependiendo de la marca del equipo.

Existen dos métodos primarios para combinar las salidas de los dedos de Recepción-RAKE:

- El primer método utiliza la información para estimar los tamaños de las señales de las salidas las cuales maximizaran el SNR (Signal-to-Noise Ratio) de la salida combinada, esta técnica es conocida como maximal-ratio combining.

- El segundo método método separa cada salida igualmente y por esto que este método es llamado equal-gain combining.

3.4.4.1. MAXIMAL-RATIO COMBINING.

En las telecomunicaciones, la máxima proporción de la combinación es un método de combinación de la diversidad en la que:

a. Las señales de cada canal se suman.

b. La ganancia de cada canal se haga proporcional al nivel de la señal RMS e inversamente proporcional al nivel de la media de ruido en ese canal.

c. Las constantes de proporcionalidad se utilizan diferentes para cada canal. La RMC es óptima para el combinador de canales independientes AWGN.

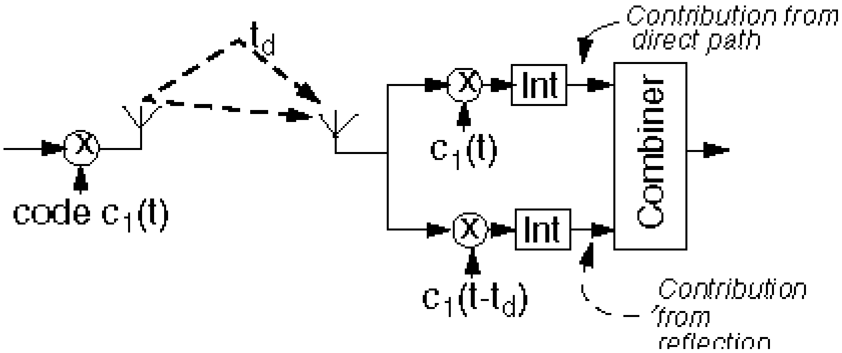


Fig.3.12. Esquema del MRC [24]

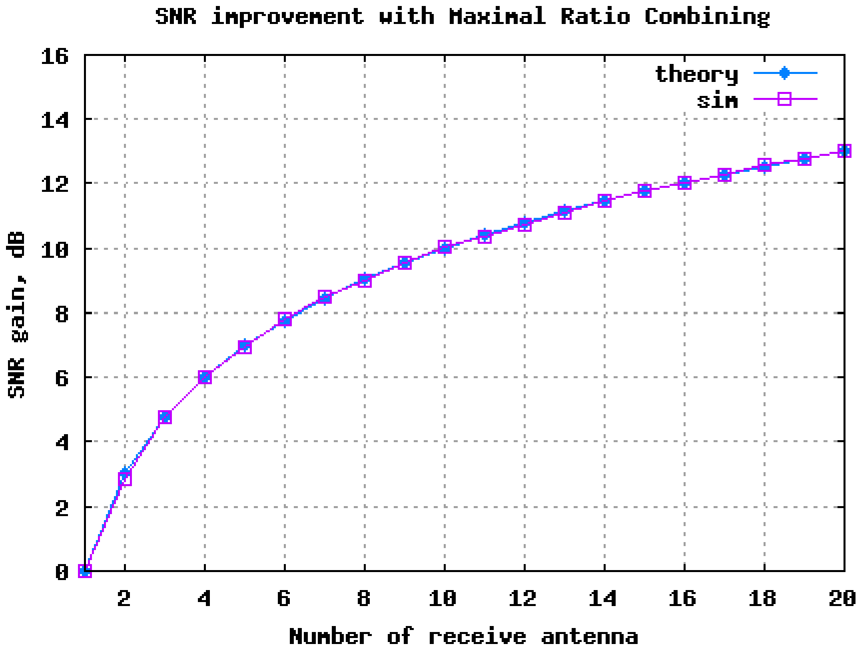


Fig.3.13. SNR efectiva con MRC con desvanecimiento en el canal [25]

3.4.4.2. EQUAL-GAIN COMBINING.

En igualdad de ganancia combinación, cada rama de la señal ponderada con el mismo factor, independientemente de la amplitud de la señal. Sin embargo, la co-eliminación de toda la señal es necesaria para evitar la cancelación de la señal.

El controlador adaptable amplificadores / atenuadores no son necesarios. Por otra parte, no se necesita una estimación de la amplitud del canal en comparación con el MRC.

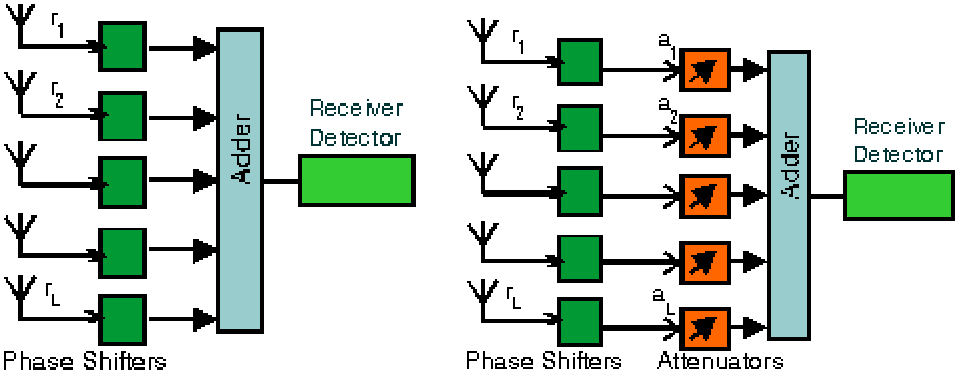


Fig.3.14. Esquema del EGC en comparativa del RMC [26]

La mejora de SNR promedio de EGC es típicamente alrededor de 1 dB peor que con el MRC, pero mucho mejor que sin la diversidad.

CAPÍTULO 4

MONITOREO Y SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL EN LA Tx y Rx DENTRO UNA RED UMTS

4.1. Monitoreo y seguimiento de una transmisión UMTS.

Mediante el software XCAL-W de Couei se va a monitorear una transmisión con enlace UMTS/HSDPA, XCAL-W proporciona la solución completa de monitorización de red, análisis y soluciones de optimización extremo a extremo, permite a los proveedores de servicios mejorar la calidad del servicio, supervisar el rendimiento de la red y reducir significativamente los costes de operación.

Características básicas de XCAL:

- Muestra la información del UE, Scanner o receptor GPS

- Muestra cada nivel de Información (desde Layer1 hasta nivel de Aplicación).
- Muestra la información en distintos formatos: Mapas, Gráficos, Tablas y mensajes.
- Almacena toda esta información para su posterior estudio y análisis
- Mide Throughput : RLC, TCP, PPP y nivel de aplicación.
- Soporta hasta 4 terminales de distintos fabricantes.
- Contro de Auto Llamada para Voz, FTP, HTTP, Video telefonía, SMS, Ping y Trace RT.
- Mapa en Real time.
- Funcionalidad de Reproducción de ficheros.
- Medidas Indoor sin GPS
- Decodificación de mensajes TCP/IP/PPP.
- Uso flexible de la máscara de mensajes a almacenar.
- Alarmas sonoras– Llamadas caídas, bloqueos y otros eventos.

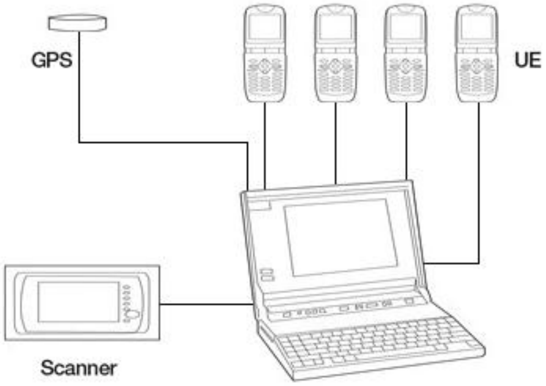
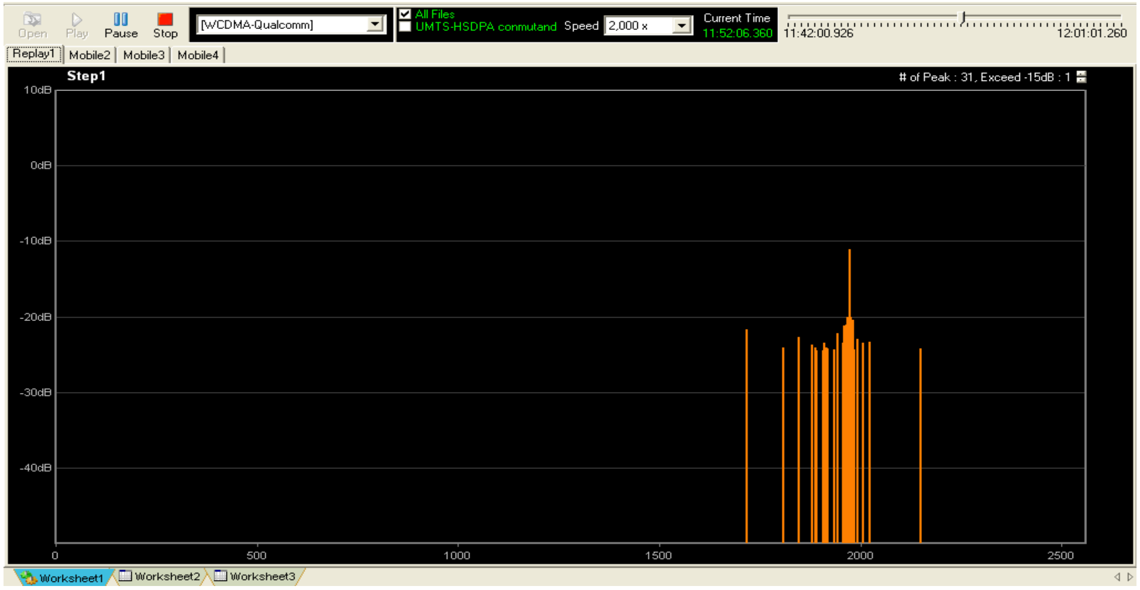


Fig. 4.1. Esquema de monitoreo con XCALL-W [27]

4.2. Monitoreo y seguimiento de una transmisión UMTS-HSDPA

4.2.1 Proceso de sincronización

En esta simulación se muestra como se sincroniza la P-SCH (Primary Synchronization Code Channel) de la celda más potente, y se obtiene el código se sincronización del slot.


[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files

☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

Current Time 11:52:06.360

# of Peak : 31, Exceed -15dB : 1

Fig. 4.2. Frecuencia de la conexión de una transmisión UMTS-HSDPA [28]

Se aprecia que la frecuencia en el cual esta enganchada la conexión es aproximadamente 2000 MHz

A continuación se determina el grupo de códigos de scrambling que fluctúan entre (0-63)

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files

☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

Current Time 11:54:39.189

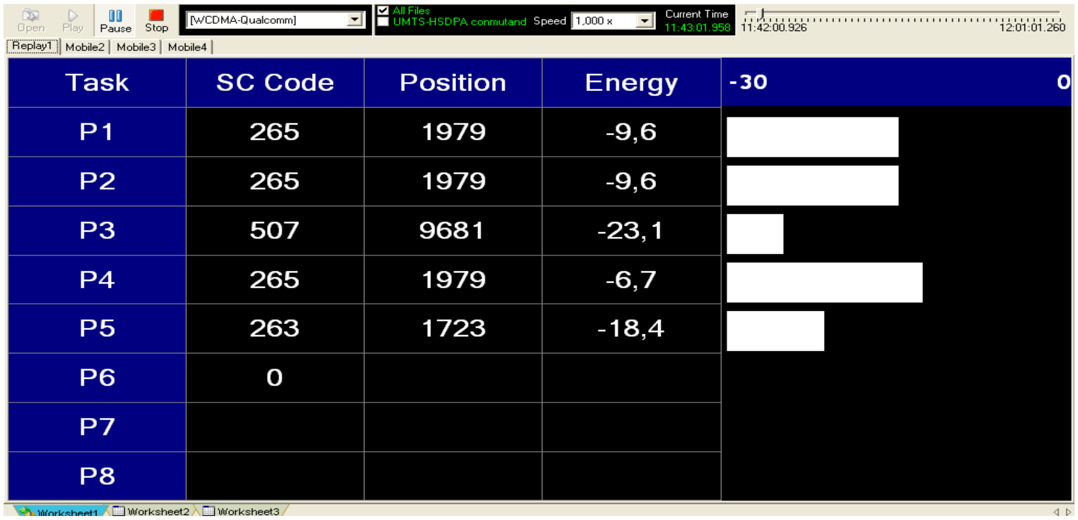
11:42:00.926 12:01:01.260

Peak	Group	POS	Ec/Io	-30 0
P1	33	1974	-11,2	
P2	28	27571	-23,7	
P3	33	1976	-23,9	
P4	32	1718	-19,4	
P5	40	32686	-22,5	
P6	33	1968	-21,9	

Fig. 4.3. Código scrambling, además de la relación portadora/interferencia [29]

En la fig. 4.3 consta la relación portadora-interferencia en cada pico con un intervalo de [0-30] dB.

Finalmente en la fig. 4.4 se obtiene el código scrambling exacto (0-511) con su respectivo nivel de potencia en cada pico, cabe recalcar que puede haber un mismo código scrambling pero distinto nivel de energía.



Task	SC Code	Position	Energy	-30 0
P1	265	1979	-9,6	
P2	265	1979	-9,6	
P3	507	9681	-23,1	
P4	265	1979	-6,7	
P5	263	1723	-18,4	
P6	0			
P7				
P8				

Fig. 4.4. Código scrambling exacto [30]

Del gráfico se aprecia una visión global de los PSCH que se captan en cada instante, aquellos con portadora-interferencia alta se marcan en el set.

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

Current Time 11:46:22.082

11:42:00.926 12:01:01.260

Threshold : -30 dB

Interference Analysis

User defined Active Server Count : 2

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
A(Intra)	265		-5,1	-103,6	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
M(Intra)	263		-14,3	-112,8	0
M(Intra)	213		-18,4	-116,9	

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
U(Intra)	317		-15,1	-113,6	

Fig. 4.5. Relación portadora-interferencia alta al comienzo de una transmisión UMTS-HSDPA [31]

Cuando el terminal móvil es encendido realiza un rastreo por toda la banda frecuencia con intención de sintonizar los canales de control comunes de las estaciones base que recibe mayor nivel de señal. El terminal móvil realiza una clasificación inicial en función del nivel de señal recibido de las diferentes estaciones base que tiene a su alrededor. De este modo se realiza el primer paso de sintonización en frecuencia y tiempo del canal lógico.

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

Current Time 11:49:22.986

11:42:00.926 12:01:01.260

Threshold : -30 dB

Interference Analysis
User defined Active Server Count : 2

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
A(Intra)	265		-6,2	-103,2	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
M(Intra)	263		-14,6	-111,6	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	

Fig. 4.6. Relación portadora-interferencia alta durante una transmisión UMTS-HSDPA [32]

4.2.2 Información de la celda

Cell Information	
UL Freq(MHz)	1872,6(9763)
DL Freq(MHz)	2142,6(10713)
UTRAN Cell Identifier (UC-ID)	157023014
RNC-ID	2395
Cell Identifier(C-ID)	64294
URA Identity(SIB2)	4160
Cell Access	Cell not Barred
	Cell not Reserved
	Cell not Reserved for SoLSA
	UE camped on a cell
Call Access	All Calls
UL Interference	-106 dBm

Fig. 4.7. Información de la celda de una transmisión UMTS-HSDPA [33]

Se puede apreciar claramente las frecuencias en los enlaces de subida y bajada, 1872.6 MHz y 2146.6 MHz respectivamente e identificación de la célula (64294), e identificación del RNC(Radio Netwok Controller) (2395).

Además de la identificación de la célula UTRAN (157023014), identificaciones importantes para la conexión.

4.2.3 Receptor RAKE

Esta simulación muestra el contenido de cada corredor de dicho receptor, además de la relación Ec/Io de los corredores de recepción con su respectivo retraso y la Ec/Io combinada.

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

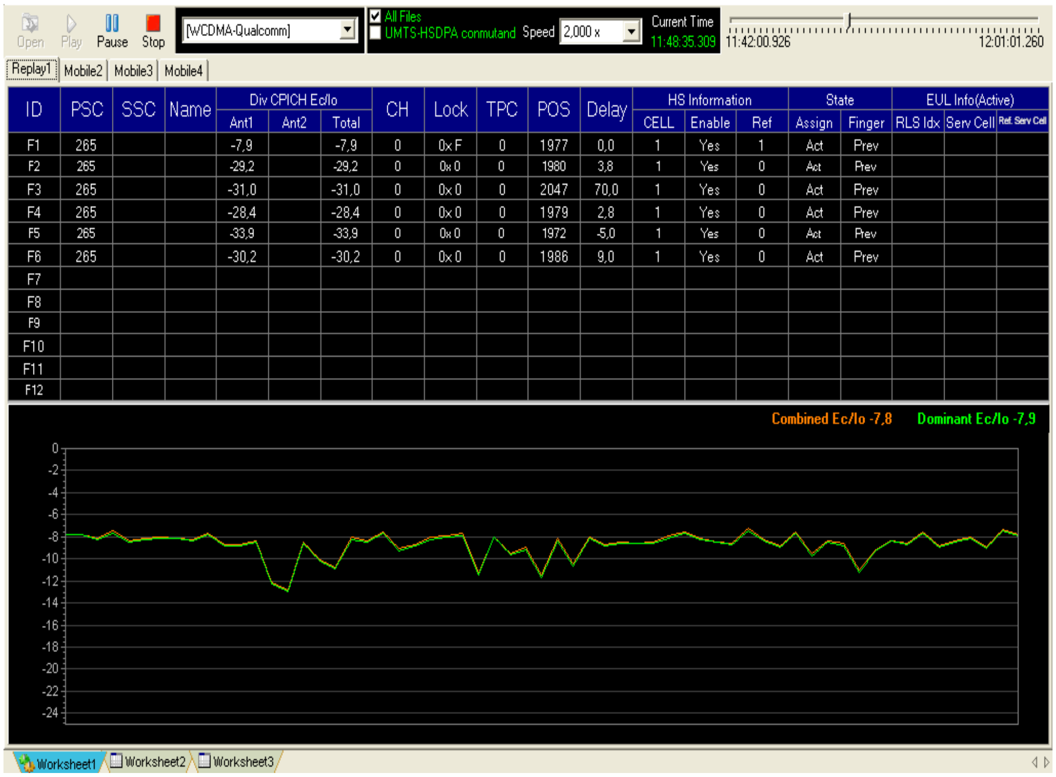
Current Time 11:46:56.117

ID	PSC	SSC	Name	Div CPICH Ec/Io			CH	Lock	TPC	POS	Delay	HS Information			State		EUL Info(Active)		
				Ant1	Ant2	Total						CELL	Enable	Ref	Assign	Finger	RLS Idx	Serv Cell	Ref. Serv Cell
F1	265			-8,5		-8,5	0	0x F	0	1977	0,0	1	Yes	1	Act	Prev			
F2	265			-29,0		-29,0	0	0x 0	0	1981	3,8	1	Yes	0	Act	Prev			
F3	265			-28,0		-28,0	0	0x 0	0	1980	2,9	1	Yes	0	Act	Prev			
F4	265			-30,9		-30,9	0	0x 0	0	1974	-2,9	1	Yes	0	Act	Prev			
F5	265			-31,9		-31,9	0	0x 0	0	2027	49,6	1	Yes	0	Act	Prev			
F6	265			-32,2		-32,2	0	0x 0	0	1987	9,6	1	Yes	0	Act	Prev			
F7																			
F8																			
F9																			
F10																			
F11																			
F12																			

Fig. 4.8. Principales parámetros de los corredores del receptor RAKE al inicio de la conexión [34]

En la figura 4.9 se muestra los resultados de 6 corredores de recepción con su respectivo código de sincronización primaria y su relación portadora-interferencia para cada caso.

Se aprecia claramente el retardo que existe de cada componente en la recepción del receptor RAKE.



[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files

☐ UMTS-HSDPA conmutand

Speed 2,000 x

Current Time 11:48:35.309

11:42:00.926

12:01:01.260

ID	PSC	SSC	Name	Div CPICH Ec/Io			CH	Lock	TPC	POS	Delay	HS Information			State		EUL Info(Active)		
				Ant1	Ant2	Total						CELL	Enable	Ref	Assign	Finger	RLS Idx	Serv Cell	Ref. Serv Cell
F1	265			-7,9		-7,9	0	0x F	0	1977	0,0	1	Yes	1	Act	Prev			
F2	265			-29,2		-29,2	0	0x 0	0	1980	3,8	1	Yes	0	Act	Prev			
F3	265			-31,0		-31,0	0	0x 0	0	2047	70,0	1	Yes	0	Act	Prev			
F4	265			-28,4		-28,4	0	0x 0	0	1979	2,8	1	Yes	0	Act	Prev			
F5	265			-33,9		-33,9	0	0x 0	0	1972	-5,0	1	Yes	0	Act	Prev			
F6	265			-30,2		-30,2	0	0x 0	0	1986	9,0	1	Yes	0	Act	Prev			
F7																			
F8																			
F9																			
F10																			
F11																			
F12																			

Combined Ec/Io -7,8   Dominant Ec/Io -7,9

Fig. 4.10. Principales parámetros de los corredores del receptor RAKE durante la conexión [35]

4.2.3 Control de Potencia

En cualquier sistema CDMA, es esencial que la estación base reciba a todos los UE aproximadamente a un mismo nivel de potencia. Si no, los UE que están más lejos serán menor en la potencia que los que están más cerca del nodo B y no van a ser receptados. Este efecto se refiere a menudo como el efecto cerca-lejos. Para superar esto, el nodo B instruye a los UE más cercanos, para reducir su poder de transmisión, y los que están más alejados aumentar los suyos. De esta manera, todas las estaciones se recibirán en aproximadamente la misma potencia.

También es importante para el nodo B controlar sus niveles de energía de manera eficaz. Como las señales transmitidas por diferentes nodos B no son ortogonales entre sí, es posible que las señales diferentes puedan interferir. Por lo tanto su poder también se mantiene al mínimo exigido por el UE que se sirve.

Para lograr el control de la potencia hay dos técnicas que se emplean: lazo abierto y lazo cerrado.

- Control de Potencia de lazo abierto: se utilizan durante el acceso inicial antes de la comunicación entre el UE y el nodo B hasta que se hayan establecido plenamente. Simplemente funciona haciendo una medición de la intensidad de la señal recibida y, por tanto la estimación de la potencia de transmisión requerida. El control de potencia en lazo abierto no es muy exacto, puesto que es muy difícil medir con precisión la gran cantidad de potencia dinámica en el UE. El mapeo a la potencia absoluta a ser transmitida muestra grandes desviaciones , debido a la variación en las propiedades de los componentes así como el impacto de las condiciones ambientales, principalmente la temperatura. El requisito para la exactitud del control de potencia en lazo abierto se especifica para estar dentro del rango de ±9 dB en condiciones normales.

- Control de potencia en lazo cerrado: El objetivo de este es mantener la SIR lo más cercana posible a la SIR optima. En el enlace de subida son recibidas todas las mediciones de la SIR, posteriormente la estación móvil (UE) envía a la estación base la SIR y esta compara la SIR con la SIR óptima, para dar paso al ajuste de potencia con respecto al control de potencia transmitido (TPC). La estación móvil puede cambiar la potencia de salida en 1,2 o 3dB y la frecuencia del control de potencia de lazo abierto será de 1500 hz.

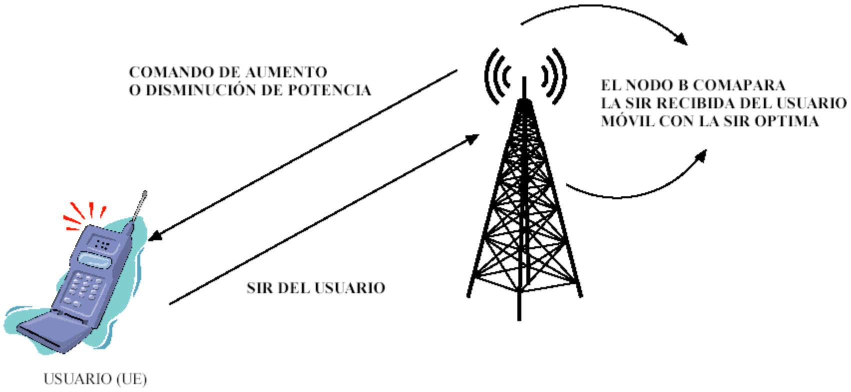


Figura 4.10. Algoritmo de control de potencia de lazo cerrado [36]

Existen diferentes factores que repercuten en el desempeño del esquema de control de potencia de lazo cerrado, estos factores incluyen retardos por trayectoria completa (RTD), disponibilidad de niveles de diversidad en el receptor, errores en el comando de control de potencia, errores causados por los algoritmos banda base de la estación base tales como estimación del canal y estimación del SIR.

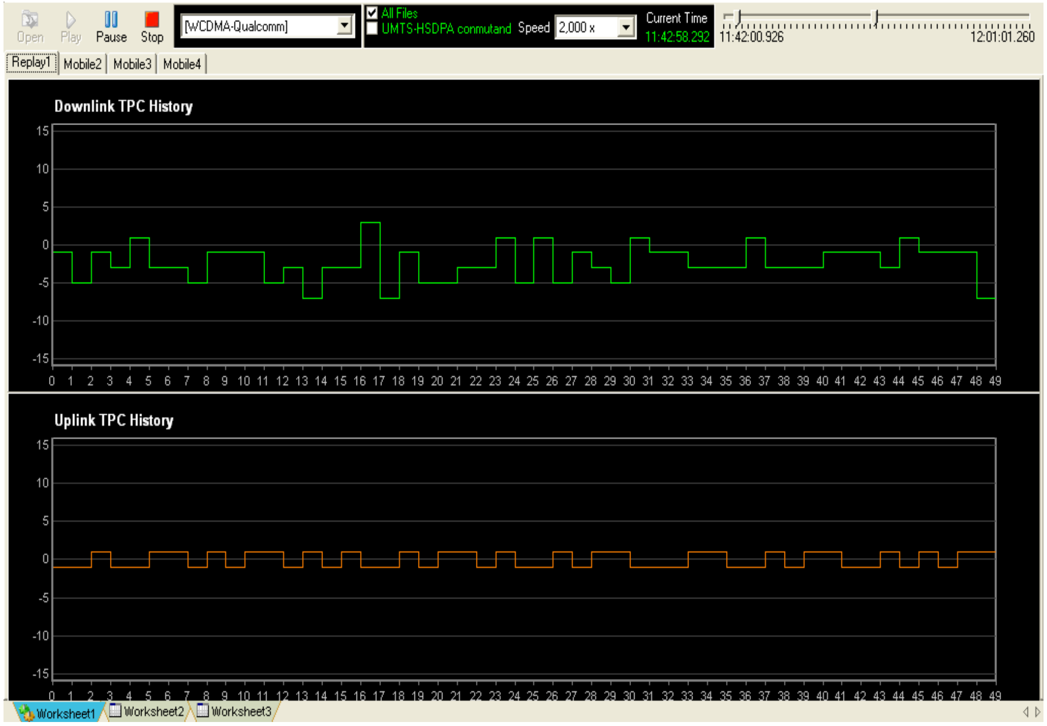
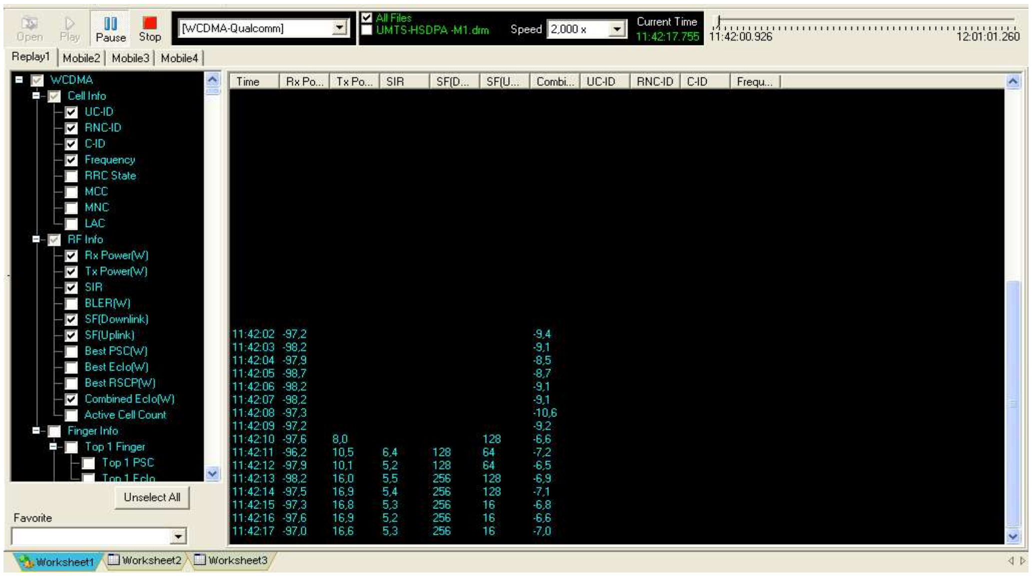

[WCDMA-Qualcomm]
☑ All Files
☐ UMTS-HSDPA conmutand
Speed 2,000 x
Current Time 11:42:58.292
11:42:00.926
12:01:01.260

Fig. 4.11. Control de potencia en Tx y Rx durante la conexión. [37]

4.2.5. Tabla definida del usuario

La fig. 4.12 representa un muestreo la potencia Rx y Tx además de otros parámetros como la SIR, SF, Ec/Lo, Identificación de la celda y la frecuencia en el cual está enganchado el enlace, cabe recalcar que en el programa se pueden ver otros parámetros que no se en encuentran en la siguiente simulación.

Como se puede apreciar el enlace comienza con Rx lo cual indica que el móvil quiere comunicarse, seguido la comunicación se establece y por ende resulta un valor de potencia TX, con un enlace estable.



☑ All Files
☐ UMTS-HSDPA -M1.drm

Speed 2,000 x

Current Time 11:42:17.755

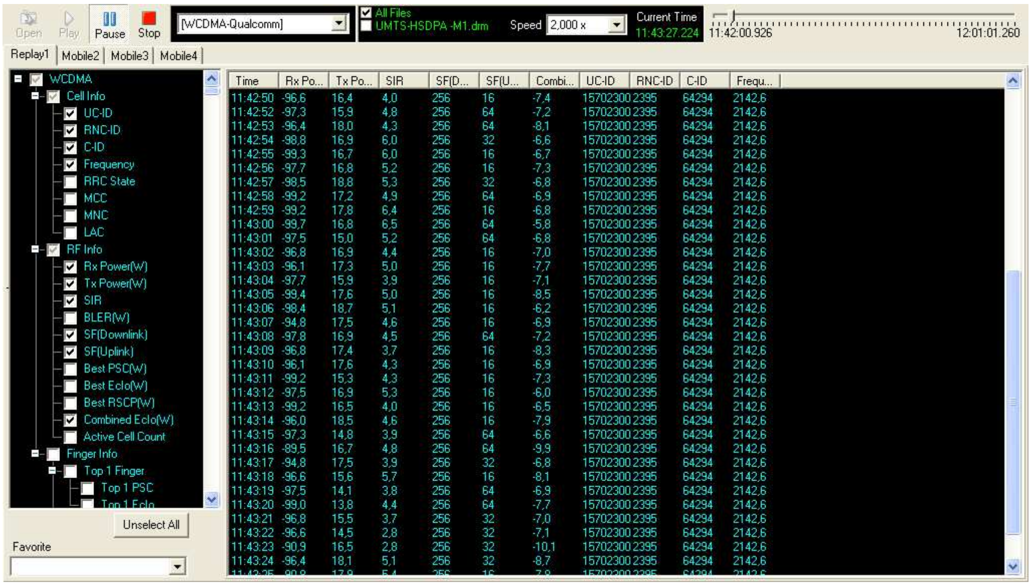
11:42:00.926 — 12:01:01.260

- ☑ WCDMA
  - ☑ Cell Info
    - ☑ UC-ID
    - ☑ RNC-ID
    - ☑ C-ID
    - ☑ Frequency
    - ☐ RRC State
    - ☐ MCC
    - ☐ MNC
    - ☐ LAC
  - ☑ RF Info
    - ☑ Rx Power(W)
    - ☑ Tx Power(W)
    - ☑ SIR
    - ☐ BLER(W)
    - ☑ SF(Downlink)
    - ☑ SF(Uplink)
    - ☐ Best PSC(W)
    - ☐ Best EcIo(W)
    - ☐ Best RSCP(W)
    - ☑ Combined EcIo(W)
    - ☐ Active Cell Count
  - ☐ Finger Info
    - ☐ Top 1 Finger
      - ☐ Top 1 PSC
      - ☐ Top 1 EcIo

Time	Rx Po...	Tx Po...	SIR	SF(D...	SF(U...	Combi...	UC-ID	RNC-ID	C-ID	Frequ...
11:42:02	-97,2					-9,4				
11:42:03	-98,2					-9,1				
11:42:04	-97,9					-8,5				
11:42:05	-98,7					-8,7				
11:42:06	-98,2					-9,1				
11:42:07	-98,2					-9,1				
11:42:08	-97,3					-10,6				
11:42:09	-97,2					-9,2				
11:42:10	-97,6	8,0			128	-6,6				
11:42:11	-96,2	10,5	6,4	128	64	-7,2				
11:42:12	-97,9	10,1	5,2	128	64	-6,5				
11:42:13	-98,2	16,0	5,5	256	128	-6,9				
11:42:14	-97,5	16,9	5,4	256	128	-7,1				
11:42:15	-97,3	16,8	5,3	256	16	-6,8				
11:42:16	-97,6	16,9	5,2	256	16	-6,6				
11:42:17	-97,0	16,6	5,3	256	16	-7,0				

Fig. 4.12. Tabla que muestra los principales parámetros de la conexión, muestreándolos en distintos intervalos de tiempo. [38]

En la fig. 4.13 se muestran nuevamente todos los parámetros durante la conexión y se aprecia que se mantiene estable la transmisión.

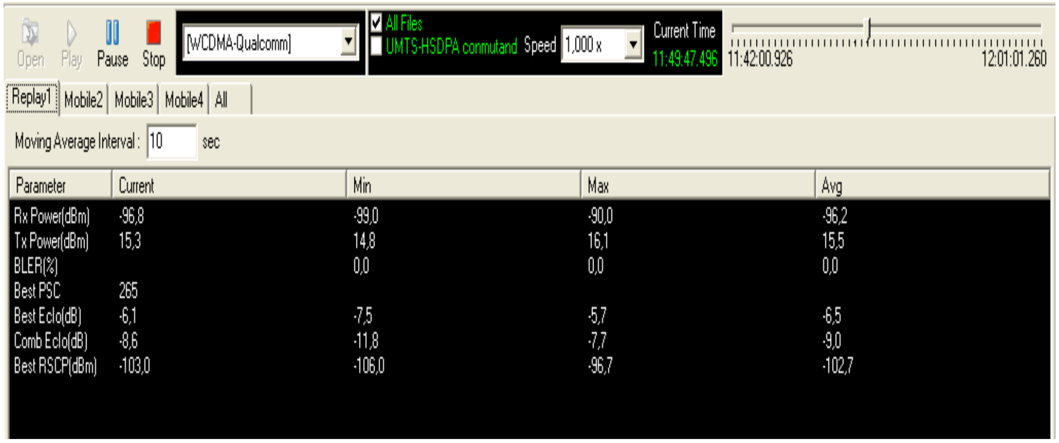


Time	Rx Po...	Tx Po...	SIR	SF(D...	SF(U...	Combi...	UC-ID	RNC-ID	C-ID	Frequ...
11:42:50	-96,6	16,4	4,0	256	16	-7,4	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:52	-97,3	15,9	4,8	256	64	-7,2	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:53	-96,4	18,0	4,3	256	64	-8,1	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:54	-98,8	16,9	6,0	256	32	-6,6	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:55	-99,3	16,7	6,0	256	16	-6,7	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:56	-97,7	16,8	5,2	256	16	-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:57	-98,5	18,8	5,3	256	32	-6,8	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:58	-99,2	17,2	4,9	256	64	-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:42:59	-99,2	17,8	6,4	256	16	-6,8	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:00	-99,7	16,8	6,5	256	64	-5,8	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:01	-97,5	15,0	5,2	256	64	-6,8	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:02	-96,8	16,9	4,4	256	16	-7,0	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:03	-96,1	17,3	5,0	256	16	-7,7	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:04	-97,7	15,9	3,9	256	16	-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:05	-99,4	17,6	5,0	256	16	-8,5	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:06	-98,4	18,7	5,1	256	16	-6,2	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:07	-94,8	17,5	4,6	256	16	-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:08	-97,8	16,9	4,5	256	64	-7,2	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:09	-96,8	17,4	3,7	256	16	-8,3	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:10	-96,1	17,6	4,3	256	16	-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:11	-99,2	15,3	4,3	256	16	-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:12	-97,5	16,9	5,3	256	16	-6,0	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:13	-99,2	16,5	4,0	256	16	-6,5	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:14	-96,0	18,5	4,6	256	16	-7,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:15	-97,3	14,8	3,9	256	64	-6,6	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:16	-89,5	16,7	4,8	256	64	-9,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:17	-94,8	17,5	3,9	256	32	-6,8	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:18	-96,6	15,6	5,7	256	16	-8,1	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:19	-97,5	14,1	3,8	256	64	-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:20	-99,0	13,8	4,4	256	64	-7,7	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:21	-96,8	15,5	3,7	256	32	-7,0	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:22	-96,6	14,5	2,8	256	32	-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:23	-90,9	16,5	2,8	256	32	-10,1	15702300	2395	64294	2142,6
11:43:24	-96,4	18,1	5,1	256	32	-8,7	15702300	2395	64294	2142,6

Fig. 4.13. Tabla definida del usuario durante la conexión. [39]

4.2.6 Resumen estadístico

La fig. 4.14 muestra estadísticamente el proceso llevado a cabo y podemos corroborar nuevamente algunos parámetros ya presentados con anterioridad, los mejores valores en cuestión del PSC, Eo/Lo, Eo/Lo combinada, además de valores máximos y mínimos del proceso.



Moving Average Interval : 10 sec

Parameter	Current	Min	Max	Avg
Rx Power(dBm)	-96,8	-99,0	-90,0	-96,2
Tx Power(dBm)	15,3	14,8	16,1	15,5
BLER(%)		0,0	0,0	0,0
Best PSC	265			
Best EcIo(dB)	-6,1	-7,5	-5,7	-6,5
Comb EcIo(dB)	-8,6	-11,8	-7,7	-9,0
Best RSCP(dBm)	-103,0	-106,0	-96,7	-102,7

Fig. 4.14. Resumen estadístico de toda la conexión UMTS-HSDPA [40]

4.3. Monitoreo y seguimiento de una transmisión UMTS-HSDPA con mala conexión.

4.3.1 Proceso de sincronización

De la misma manera que en la conexión anterior la siguiente simulación muestra la sincronización con la P-SCH de la celda más potente, y se obtiene el código se sincronización del slot.

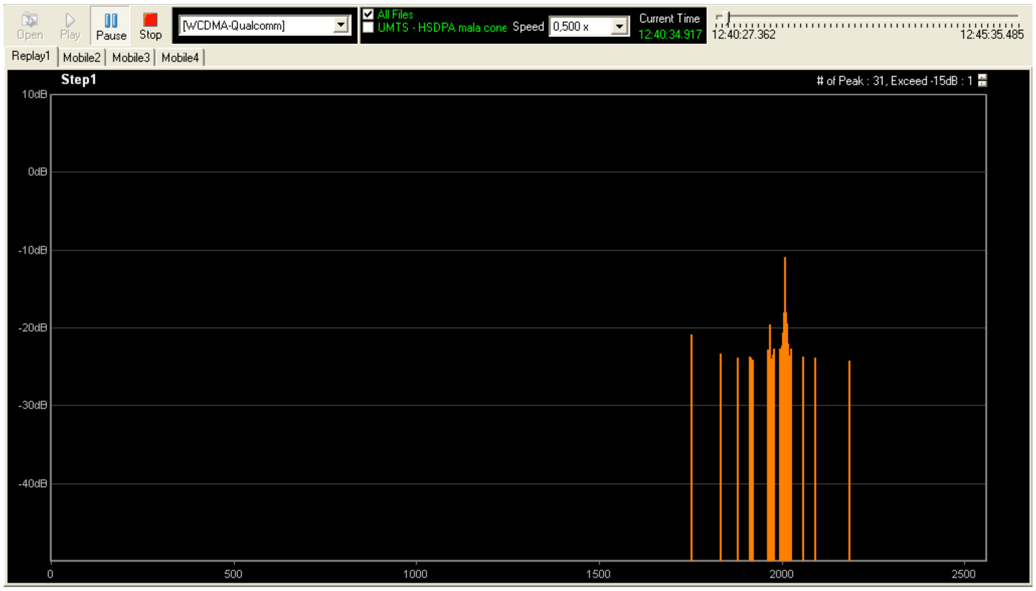
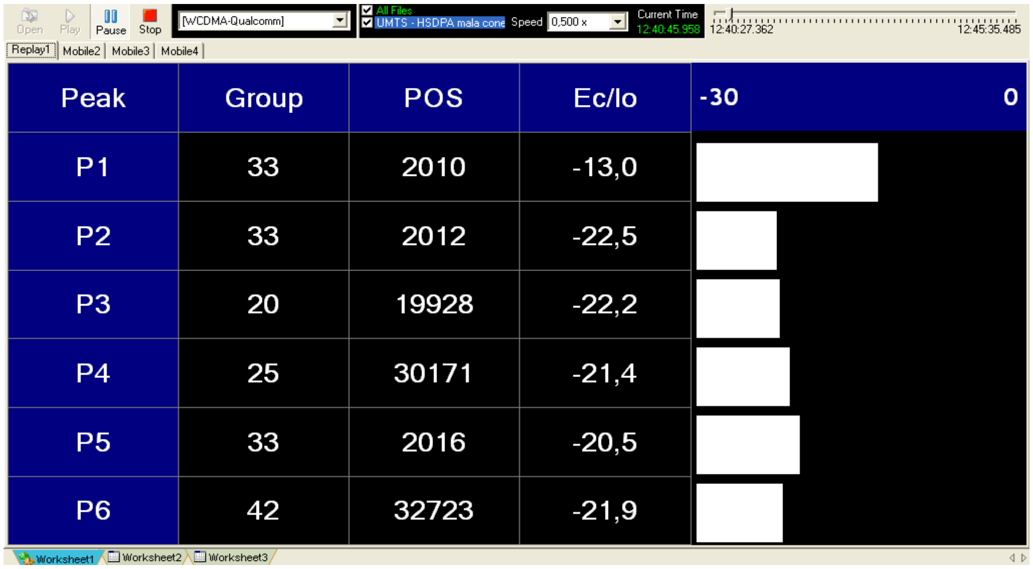

[WCDMA-Qualcomm]
☑ All Files
☐ UMTS - HSDPA mala cone
Speed 0,500 x
Current Time 12:40:34.917
# of Peak : 31, Exceed -15dB : 1

Fig. 4.15. Frecuencia de la conexión de una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [41]

Seguido se muestra el grupo de códigos de scrambling (0-63).



Speed 0,500 x

Current Time 12:40:45.958

Peak	Group	POS	Ec/Io	-30 0
P1	33	2010	-13,0	
P2	33	2012	-22,5	
P3	20	19928	-22,2	
P4	25	30171	-21,4	
P5	33	2016	-20,5	
P6	42	32723	-21,9	

Fig. 4.16. Código scrambling, además de la relación portadora/interferecia [42]

Y como último paso obtenemos el código scrambling exacto (0-511).

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☑ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 0,500 x

Current Time 12:41:26.955

12:40:27.362 12:45:35.485

Task	SC Code	Position	Energy
P1	0		
P2	265	2004	-8,8
P3	0		
P4	265	2004	-8,9
P5	265	2004	-8,4
P6	0		
P7			
P8			

Fig. 4.17. Código scrambling exacto [43]

En la fig. 4.17 y fig. 4.18 se aprecia claramente que en algunos intervalos de tiempo no se sincroniza el código primario, debido a la mala conexión del dispositivo con la celda, mientras en la otra simulación respectivamente no existe ningún tipo de comunicación entre los equipos.

[WCDMA-Qualcomm]
☑ All Files
☑ UMTS - HSDPA mala cone
Speed 0,500 x
Current Time 12:41:15.227
12:40:27.362
12:45:35.485

Task	SC Code	Position	Energy
P1	0		
P2	0		
P3	0		
P4	0		
P5	0		
P6	0		
P7			
P8			

Fig. 4.18. Código scrambling cuando se presentan errores en la conexión. [44]

Visualización global de los PSCH que se captan en cada instante, aquellos con portadora-interferencia alta se marcan en el set como en capitulo anterior.

Threshold : -30 dB

Interference Analysis

User defined Active Server Count : 1

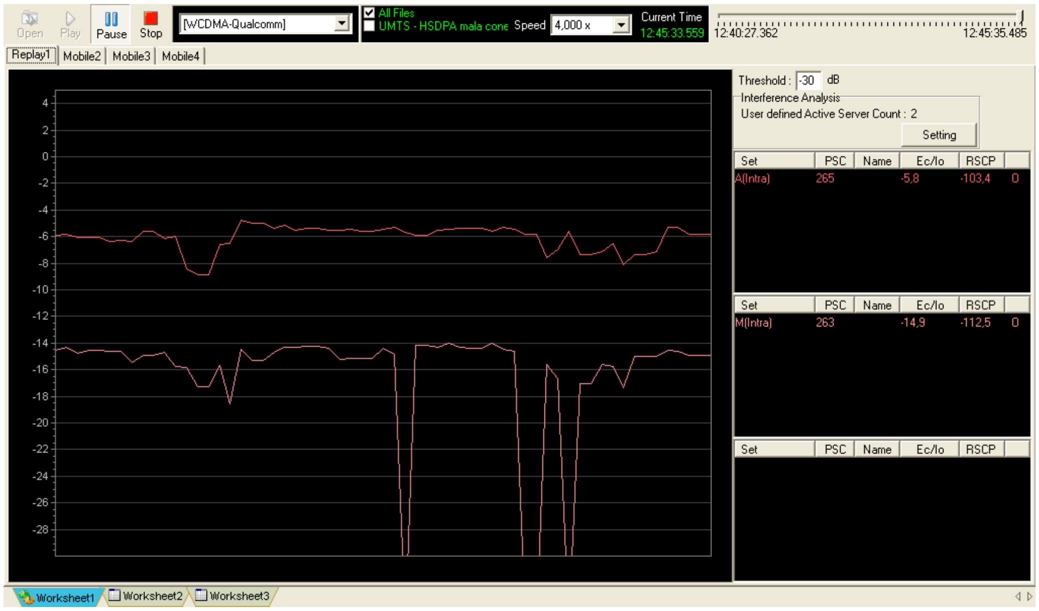
Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
A(Intra)	265		-6,3	-103,6	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	

Fig. 4.19. Relación portadora-interferencia alta al comienzo de una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [45]

En la fig. 4.20 se aprecia como en intervalos de tiempo no se capta ningún código de sincronización primaria PSCH.



[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files

☐ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 4,000 x

Current Time 12:45:33.559

12:40:27.362

12:45:35.485

Threshold : -30 dB

Interference Analysis

User defined Active Server Count : 2

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
A(Intra)	265		-5,8	-103,4	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	
M(Intra)	263		-14,9	-112,5	0

Set	PSC	Name	Ec/Io	RSCP	

Fig. 4.20. Relación portadora-interferencia alta, durante una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [46]

4.3.2 Información de la celda

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☑ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 4,000 x

Current Time 12:45:35.485

12:40:27.362 12:45:35.485

Cell Information	
UL Freq(MHz)	1872,6(9763)
DL Freq(MHz)	2142,6(10713)
UTRAN Cell Identifier (UC-ID)	157023014
RNC-ID	2395
Cell Identifier(C-ID)	64294
URA Identity(SIB2)	4160
Cell Access	Cell not Barred
	Cell not Reserved
	Cell not Reserved for SoLSA
	UE camped on a cell
Call Access	All Calls
UL Interference	-106 dBm

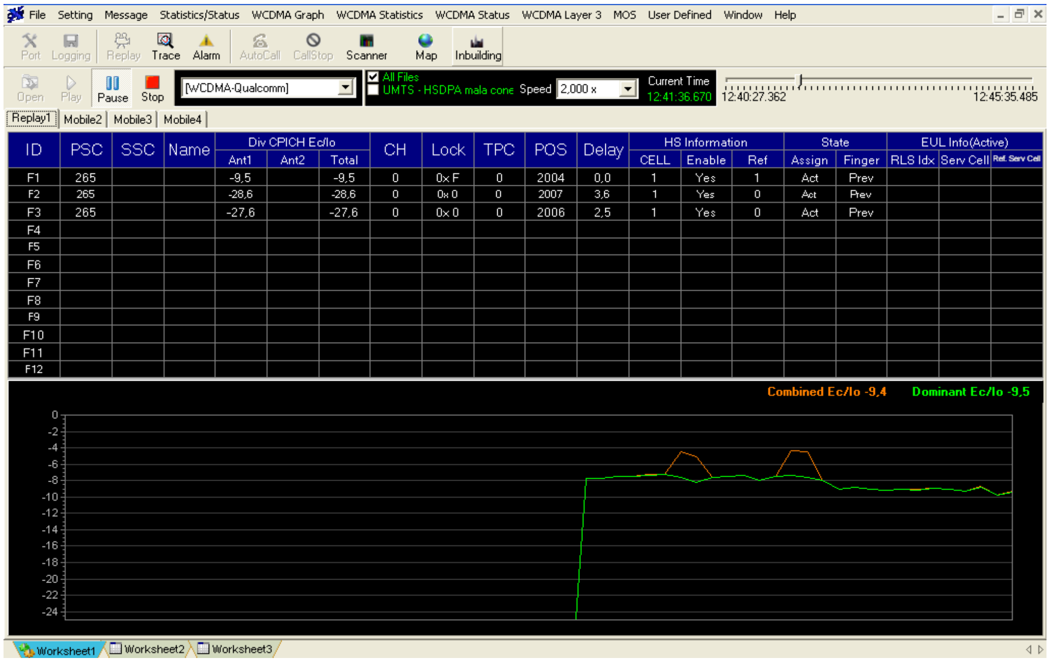
Fig. 4.21. Información de la celda en una conexión UMTS-HSDPA 2 “con errores” [47]

Aunque la conexión es de mala calidad de igual manera la celda muestra en los enlaces de subida y bajada, identificaciones de la célula, RNC que se mostraron en la sección anterior.

Claramente se puede observar que los datos no varían debido a que son parámetros específicos del enlace.

4.3.3. Receptor RAKE

A continuación se muestra el contenido de los corredores del receptor que en un principio están habilitados y receptando información, además de la relación Ec/Io de los dedos de recepción con su respectivo retraso y la Ec/Io combinada como se muestra en la siguiente gráfica.



[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☐ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 2,000 x

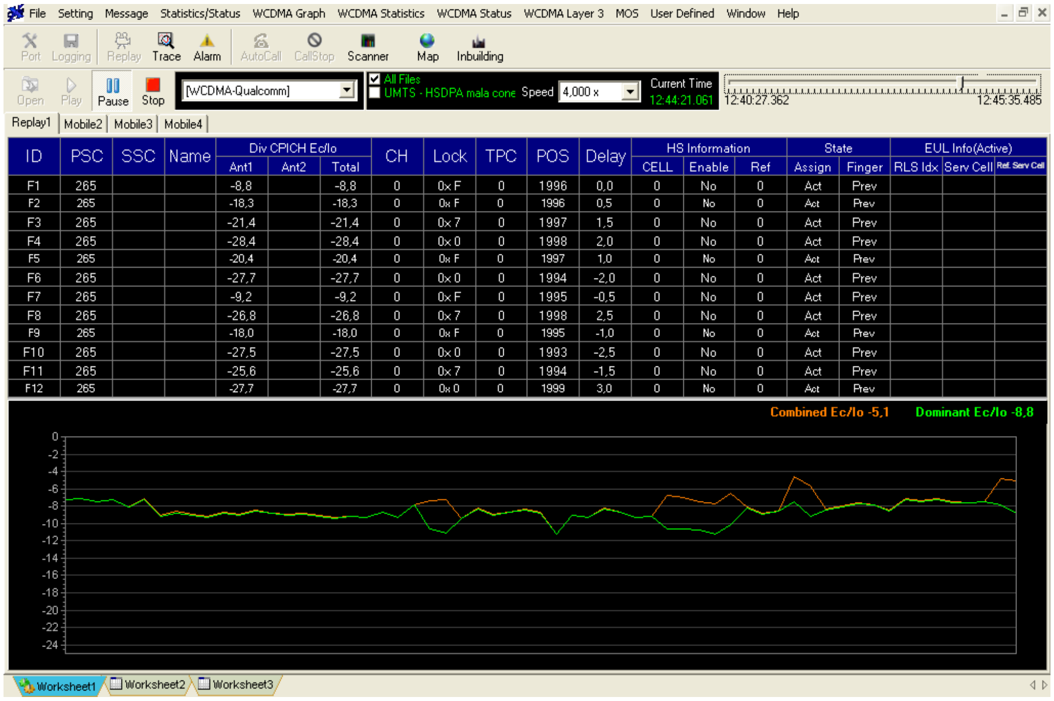
Current Time 12:41:36.670

12:40:27.362 12:45:35.485

ID	PSC	SSC	Name	Div CPICH Ec/Io			CH	Lock	TPC	POS	Delay	HS Information			State		EUL Info(Active)		
				Ant1	Ant2	Total						CELL	Enable	Ref	Assign	Finger	RLS Idx	Serv Cell	Ref. Serv Cell
F1	265			-9,5		-9,5	0	0x F	0	2004	0,0	1	Yes	1	Act	Prev			
F2	265			-28,6		-28,6	0	0x 0	0	2007	3,6	1	Yes	0	Act	Prev			
F3	265			-27,6		-27,6	0	0x 0	0	2006	2,5	1	Yes	0	Act	Prev			
F4																			
F5																			
F6																			
F7																			
F8																			
F9																			
F10																			
F11																			
F12																			

Fig. 4.22. Comportamiento de los corredores del receptor RAKE al inicio de la conexión [48]

Se muestra en la figura que en un intervalo de tiempo dado los corredores de recepción no captan ninguna información, por lo que la célula se encuentra deshabilitada y utilizando 12 corredores de recepción.



[WCDMA-Qualcomm]
☑ All Files
☐ UMTS - HSDPA mala cone
Speed 4,000 x
Current Time 12:44:21.061
12:40:27.362
12:45:35.485

ID	PSC	SSC	Name	Div CPICH Ec/Io			CH	Lock	TPC	POS	Delay	HS Information			State		EUL Info(Active)		
				Ant1	Ant2	Total						CELL	Enable	Ref	Assign	Finger	RLS Idx	Serv Cell	Ref. Serv Cell
F1	265			-8,8		-8,8	0	0x F	0	1996	0,0	0	No	0	Act	Prev			
F2	265			-18,3		-18,3	0	0x F	0	1996	0,5	0	No	0	Act	Prev			
F3	265			-21,4		-21,4	0	0x 7	0	1997	1,5	0	No	0	Act	Prev			
F4	265			-28,4		-28,4	0	0x 0	0	1998	2,0	0	No	0	Act	Prev			
F5	265			-20,4		-20,4	0	0x F	0	1997	1,0	0	No	0	Act	Prev			
F6	265			-27,7		-27,7	0	0x 0	0	1994	-2,0	0	No	0	Act	Prev			
F7	265			-9,2		-9,2	0	0x F	0	1995	-0,5	0	No	0	Act	Prev			
F8	265			-26,8		-26,8	0	0x 7	0	1998	2,5	0	No	0	Act	Prev			
F9	265			-18,0		-18,0	0	0x F	0	1995	-1,0	0	No	0	Act	Prev			
F10	265			-27,5		-27,5	0	0x 0	0	1993	-2,5	0	No	0	Act	Prev			
F11	265			-25,6		-25,6	0	0x 7	0	1994	-1,5	0	No	0	Act	Prev			
F12	265			-27,7		-27,7	0	0x 0	0	1999	3,0	0	No	0	Act	Prev			

Fig. 4.23. Comportamiento de los corredores del receptor RAKE durante la conexión [49]

4.3.4. Control de Potencia

En la siguiente simulación se aprecia el control de potencia en bucle abierto y en bucle cerrado: rápido (SIR) y lento (BLER, de la capa 3).

[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files

☑ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 0,500 x

Current Time 12:44:52.740

12:40:27.362

12:45:35.485

Fig. 4.24. Control de potencia en Tx y Rx al inicio de una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [50]

A continuación se muestra como el control de potencia (Dowlink y el Uplink) decae cuando se interrumpe la transmisión, para luego recobrar el control cuando se recepta nuevamente la transmisión.

Fig. 4.25. Control de potencia en Tx y Rx de una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [51]

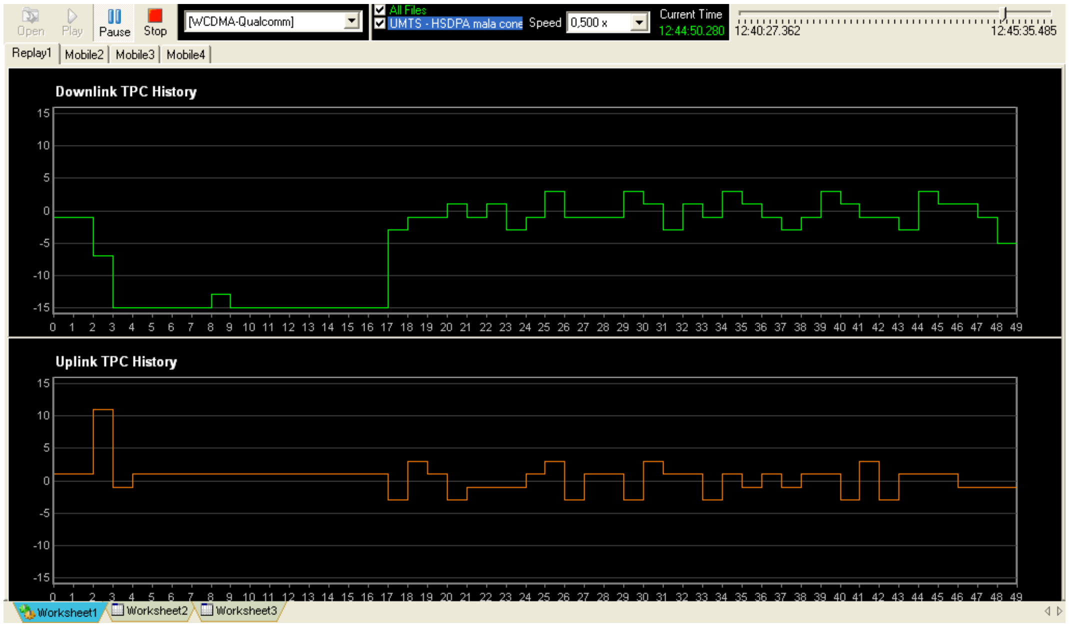
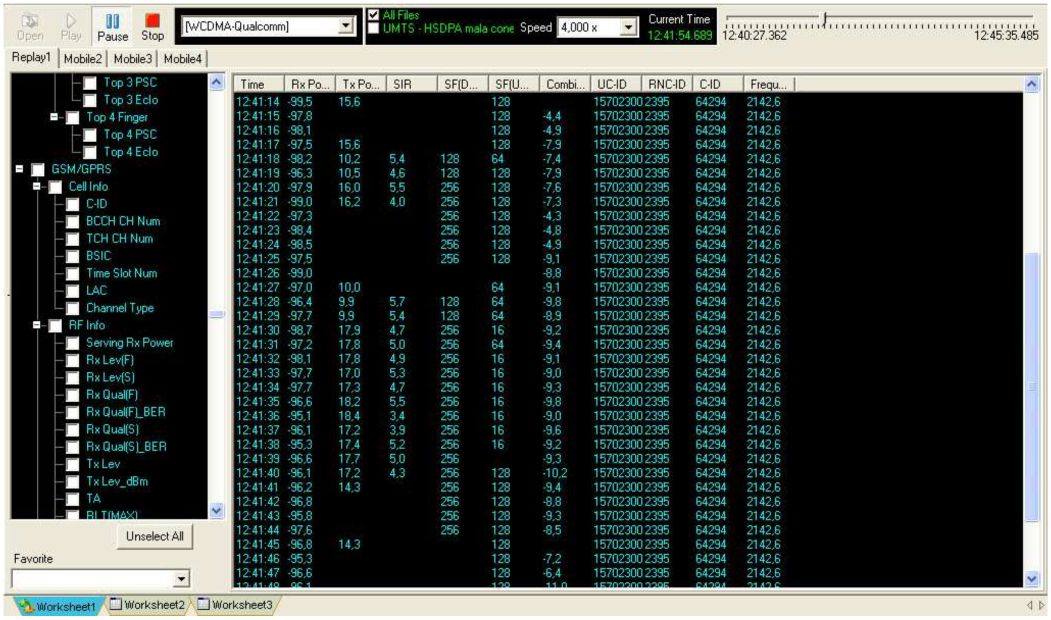


Fig. 4.26. Control de potencia en Tx y Rx de una transmisión UMTS-HSDPA “con errores” cuando recupera la conexión. [52]

4.3.5 Tabla definida del usuario.

Mediante la siguiente tabla se puede corroborar lo que se venía observando en algunas simulaciones previas, el enlace se pierde por algunas fracciones de tiempo en TX y afecta la SIR, que por ende representa una mala calidad de conexión.



[WCDMA-Qualcomm]

☑ All Files
☐ UMTS - HSDPA mala cone

Speed 4,000 x

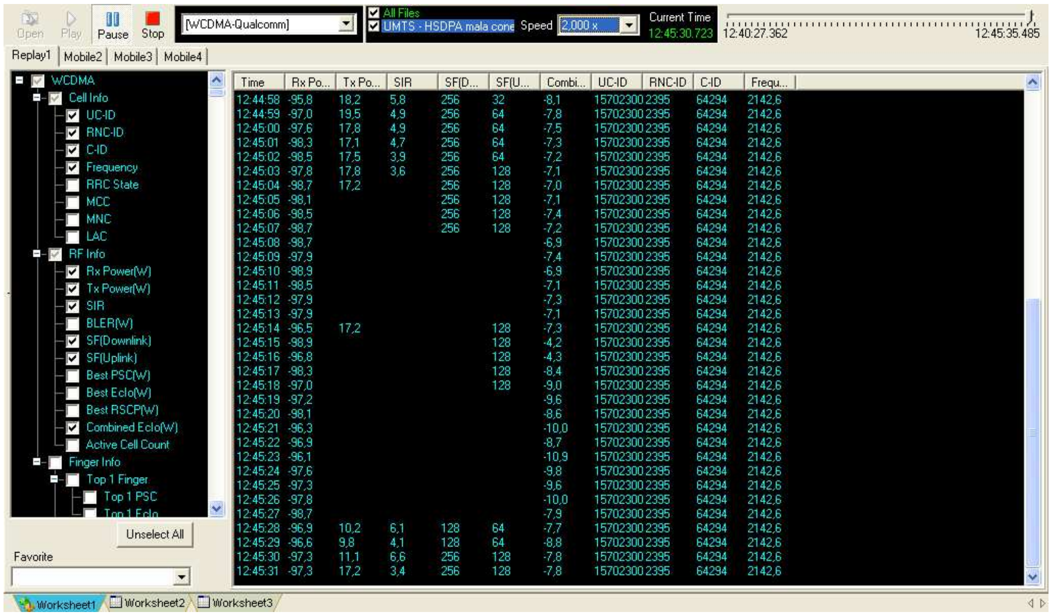
Current Time 12:41:54.689

12:40:27.362 12:45:35.485

Time	Rx Po...	Tx Po...	SIR	SF(D...	SF(U...	Combi...	UC-ID	RNC-ID	C-ID	Frequ...
12:41:14	-99,5	15,6			128		15702300	2395	64294	2142,6
12:41:15	-97,8				128	-4,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:16	-98,1				128	-4,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:17	-97,5	15,6			128	-7,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:18	-98,2	10,2	5,4	128	64	-7,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:19	-96,3	10,5	4,6	128	128	-7,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:20	-97,9	16,0	5,5	256	128	-7,6	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:21	-99,0	16,2	4,0	256	128	-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:22	-97,3			256	128	-4,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:23	-98,4			256	128	-4,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:24	-98,5			256	128	-4,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:25	-97,5			256	128	-9,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:26	-99,0					-8,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:27	-97,0	10,0			64	-9,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:28	-96,4	9,9	5,7	128	64	-9,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:29	-97,7	9,9	5,4	128	64	-8,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:30	-98,7	17,9	4,7	256	16	-9,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:31	-97,2	17,8	5,0	256	64	-9,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:32	-98,1	17,8	4,9	256	16	-9,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:33	-97,7	17,0	5,3	256	16	-9,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:34	-97,7	17,3	4,7	256	16	-9,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:35	-96,6	18,2	5,5	256	16	-9,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:36	-95,1	18,4	3,4	256	16	-9,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:37	-96,1	17,2	3,9	256	16	-9,6	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:38	-95,3	17,4	5,2	256	16	-9,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:39	-96,6	17,7	5,0	256		-9,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:40	-96,1	17,2	4,3	256	128	-10,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:41	-96,2	14,3		256	128	-9,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:42	-96,8			256	128	-8,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:43	-95,8			256	128	-9,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:44	-97,6			256	128	-8,5	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:45	-96,8	14,3			128		15702300	2395	64294	2142,6
12:41:46	-95,3				128	-7,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:41:47	-96,6				128	-6,4	15702300	2395	64294	2142,6

Fig. 4.27. Tabla definida del usuario al inicio de la conexión UMTS-HSDPA “con errores” [53]

A continuación en la fig. 4.28, se muestra un intervalo muy grande donde la conexión decae completamente y luego se recupera el enlace.



Time	Rx Po...	Tx Po...	SIR	SF(D...	SF(U...	Combi...	UC-ID	RNC-ID	C-ID	Frequ...
12:44:58	-95,8	18,2	5,8	256	32	-8,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:44:59	-97,0	19,5	4,9	256	64	-7,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:00	-97,6	17,8	4,9	256	64	-7,5	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:01	-98,3	17,1	4,7	256	64	-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:02	-98,5	17,5	3,9	256	64	-7,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:03	-97,8	17,8	3,6	256	128	-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:04	-98,7	17,2		256	128	-7,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:05	-98,1			256	128	-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:06	-98,5			256	128	-7,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:07	-98,7			256	128	-7,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:08	-98,7					-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:09	-97,9					-7,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:10	-98,9					-6,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:11	-98,5					-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:12	-97,9					-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:13	-97,9					-7,1	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:14	-96,5	17,2			128	-7,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:15	-98,9				128	-4,2	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:16	-96,8				128	-4,3	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:17	-98,3				128	-8,4	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:18	-97,0				128	-9,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:19	-97,2					-9,6	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:20	-98,1					-8,6	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:21	-96,3					-10,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:22	-96,9					-8,7	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:23	-96,1					-10,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:24	-97,6					-9,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:25	-97,3					-9,6	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:26	-97,8					-10,0	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:27	-98,7					-7,9	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:28	-96,9	10,2	6,1	128	64	-7,7	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:29	-96,6	9,8	4,1	128	64	-8,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:30	-97,3	11,1	6,6	256	128	-7,8	15702300	2395	64294	2142,6
12:45:31	-97,3	17,2	3,4	256	128	-7,8	15702300	2395	64294	2142,6

Fig. 4.28. Tabla definida del usuario durante la conexión UMTS-HSDPA “con errores” [54]

4.2.6 Resumen estadístico

En el siguiente resumen estadístico muestra algunos de los factores ya antes mencionados y constata lo analizado previamente.

Moving Average Interval : 10 sec

Parameter	Current	Min	Max	Avg
Rx Power(dBm)	-96,5	-99,4	-95,7	-98,1
Tx Power(dBm)	17,2	17,2	17,2	17,2
BLER(%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Best PSC	265			
Best EcIo(dB)	-5,3	-5,8	-5,3	-5,5
Comb EcIo(dB)	-8,1	-11,3	-6,7	-7,4
Best RSCP(dBm)	-101,8	-105,0	-100,9	-103,7

Fig. 4.29. Resumen estadístico de la transmisión UMTS-HSDPA “con errores” [55]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUCIONES

Una vez terminado este proyecto, se puede concluir que:

1. La diferencia principal entre las modulaciones QPSK y 16 QAM es que la QPSK se utiliza cuando el canal ascendente (uplink) está con una ocupación alta. En cambio cuando la ocupación del canal ascendente es baja (downlink) se suele utilizar 16QAM porque en canales "despejados" funciona mejor que la QPSK.
2. La principal conclusión de utilizar un receptor RAKE es aprovechar una de las mayores ventajas que tiene la aplicación de la técnica de acceso múltiple por división de código WCDMA y su aplicación en redes de radiofrecuencia es que el esparcimiento espectral ofrece mayor resistencia ante el desvanecimiento selectivo en diferentes frecuencias, debido a que la información ocupa todo el ancho de banda disponible. Como consecuencia de la diversidad de frecuencia se tiene un gran aumento del desempeño del sistema.
3. En una transmisión UMTS-HSDPA “sin errores de conexión” y una “con errores” se mantiene la frecuencia de enlace de bajada y de subida, 1872.6 MHz y 2146.6 MHz respectivamente para ambos casos.

4. De la misma manera el control de potencia se da en ambos casos con la diferencia en que cuando la conexión presenta errores en el momento que la conexión se pierde, en este caso es el transmisor el que no presenta potencia en el análisis, XCALL-W en el análisis siempre se esta tabulando los datos del móvil debido a que este siempre está conectado y por falta de recepción es el transmisor el que no se capta en la simulación.
5. Cuando el receptor RAKE captaba las componentes de la transmisión UMTS -HSPDA y esta no tenia errores eran necesarios seis corredores de recepción para restaurar la componente original, mientras la conexión UMTS-HSPDA que presentaba errores utilizaba hasta doce "corredores de recepción" para garantizar la restauración de la componente principal, dado que no se encontraba señal de transmisión no receptaba ningún dato.
6. Una de las herramientas claves fue la tabla definida del usuario donde se analizaron algunos de muchos parámetros y se muestrean en diferentes intervalos de tiempo y permite mostrar detalladamente el comportamiento de la conexión.

RECOMENDACIONES:

El presente proyecto se limita al estudio y diseño de la transmisión y recepción en una red UMTS por lo que se recomienda lo siguiente:

1. Enfocar los criterios estudiados a lo largo de éstos capítulos en alguna futura implementación para una situación real y necesaria.
2. Por otro lado, se requiere hacer énfasis en lo referente a la Calidad de Servicio (QoS) en el momento de la implementación ya que esto representa un pilar fundamental en la funcionamiento de una red.
3. Además es necesario hacer un estudio y/o diseño de una implementación de una red WIMAX Móvil para tener más parámetros con el afán de poder evaluar la tecnología UMTS. Basado en esto, nos veríamos obligados a hacer un estudio mediante encuestas para analizar de forma más real la disponibilidad y apertura de empresas en telecomunicaciones y de usuarios de servicios de telecomunicaciones de migrar o utilizar nuevas soluciones de banda ancha para determinar así los posibles ámbitos donde ésta tecnología empezaría a desarrollarse.
4. El paquete XCALL completo puede comprender aplicaciones adicionales:
   - MapInfo MapX si se quieren ver los mapas junto a los datos para el mapa.

- XCAP-W que permite realizar análisis estadísticos con mayor profundidad que XCAL-W.

5. En la actualidad, no existe regulación alguna que brinde las facilidades de utilización de servicios sobre Internet en nuestro país, por lo que se recomienda hacer una investigación y un análisis para establecer leyes y reglamentos que amparen el uso adecuado de estos servicios, ya que cualquier regulación que se pudiera hacer debería ir dirigida exclusivamente a proteger el desarrollo en el mercado. Esto implica garantizar la conectividad, la convergencia de servicios, la externabilidad (Redes pequeñas que logren interconectar con redes más grandes con el fin de aumentar las posibilidades de negocios) y la facilidad de entrada y salida en el mercado de los aspirantes a operadores. Las regulaciones deben considerar los siguientes aspectos:

   - Políticas fiscales del comercio electrónico.
   - Los temas jurisdiccionales entre estados.
   - La propiedad intelectual y la protección de derechos de autor
   - La protección de datos, el derecho de marcas, autenticación y la protección de los consumidores
   - Seguridad y contenido legal.

ANEXO A:

MODULACION PSK y QAM

A.1. MODULACIÓN DE FASE (PSK)

PSK: Phase Shift Keying

Representa los valores binarios mediante variaciones en la fase de la seña portadora.

La modulación tiene como objeto adaptar la información digital al medio radioeléctrico mediante la analogización a frecuencias de microondas. El modulador es un **circuito de producto** realizado generalmente mediante un puente de diodos (**modulador balanceado**) que trabaja a una frecuencia intermedia (35, 70, 140 MHz, etc.) entre la banda base y la radiofrecuencia. Existen también moduladores de fase trabajando directamente en radiofrecuencia.

A.1.1. Modulación de Fase Simple (PSK)

Asigna una fase de la portadora a cada símbolo.

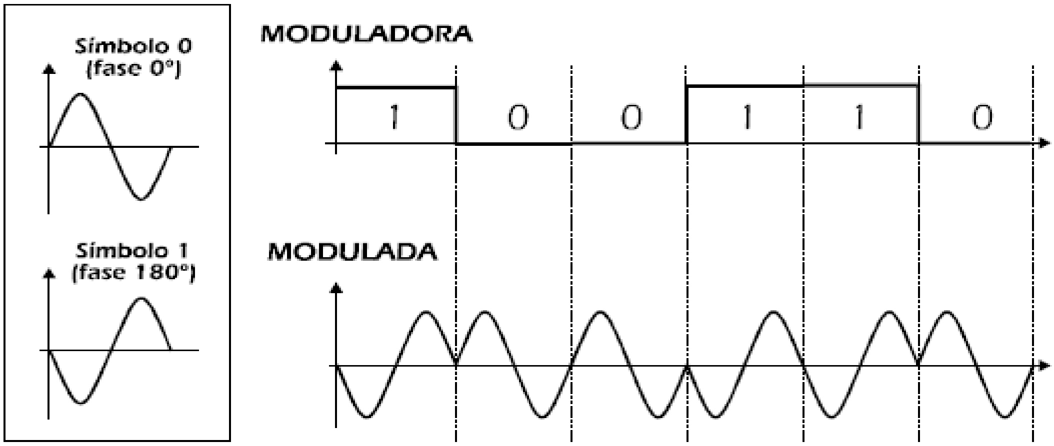


Fig.A.1. Asignación de fase a cada símbolo en la modulación PSK

Representación fasorial

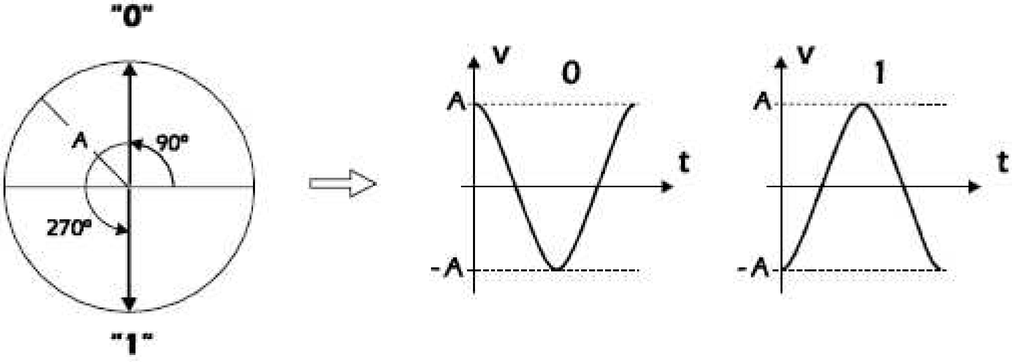


Fig.A.2. Representación fasorial PSK

A.1.2. Modulación de Fase Diferencial (DPSK)

Los símbolos se representan mediante variaciones en la fase de la portadora (como diferencia entre la fase del intervalo anterior y la del actual)

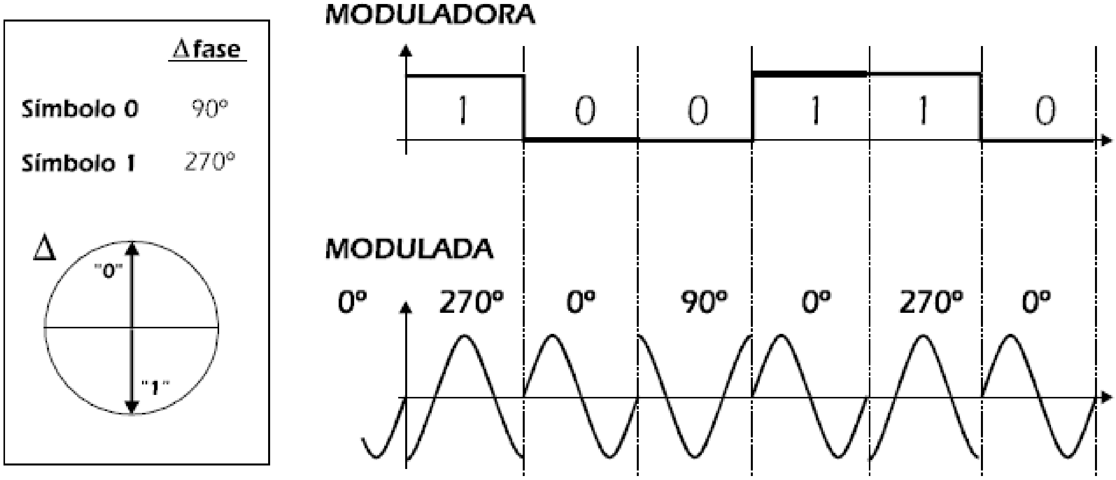


Fig.A.3. Asignación de fase a cada símbolo en la modulación DPSK

A.1.3. Modulación QPSK (Cuadrifásica diferencial)

Se realizan agrupaciones de dos bits (n=4) y a cada combinación se le asocia una variación de fase.

La modulación de 4 estados de fase 4PSK resulta tener una mejor eficiencia espectral (relación entre la velocidad de información en b/s y el ancho de banda necesario en Hz). En otras palabras requiere menor ancho de banda para transmitir la misma información debido a que cada nivel de fase lleva 2 bits de información.

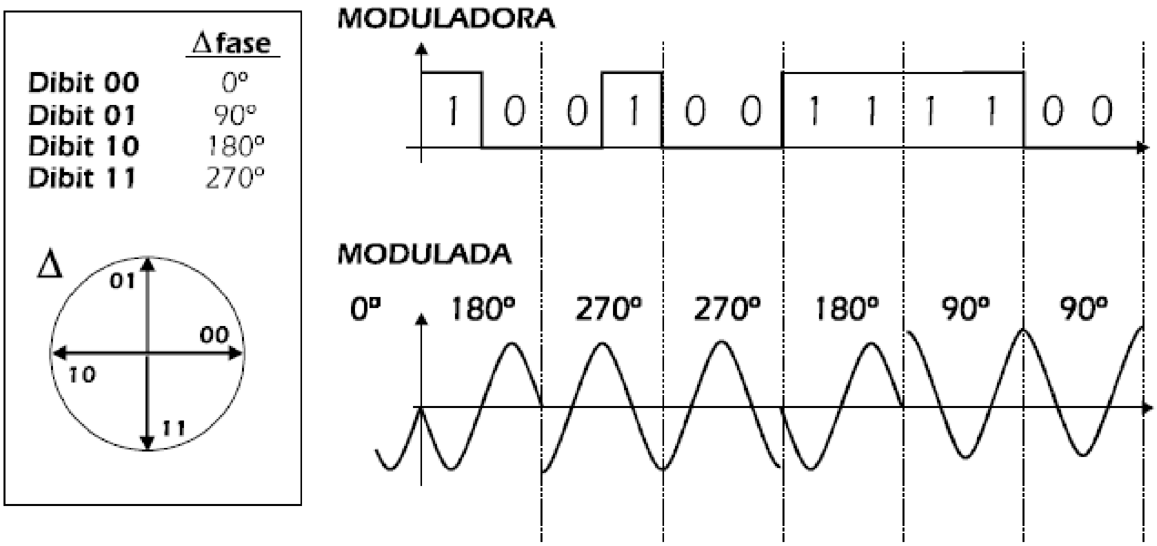


Fig.A.4. Asignación de fase a cada símbolo en la modulación QPSK

Para garantizar transiciones:

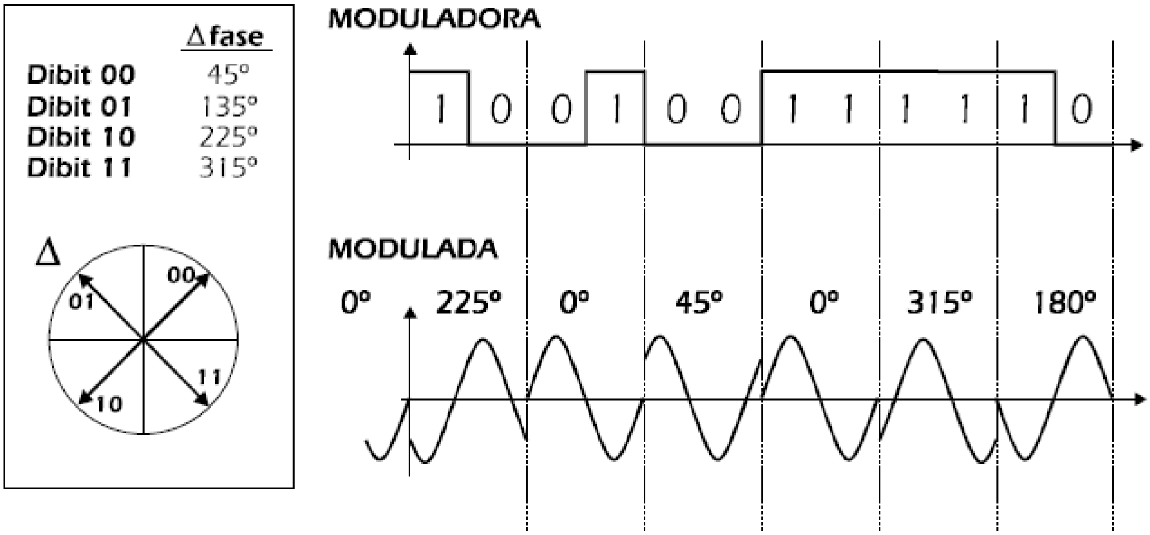


Fig.A.5. Asignación de fase a cada símbolo en la modulación QPSK, garantizando las transiciones

A.1.4. Modulación MPSK (múltiple diferencial)

Agrupa los bits de tres en tres (n=8)

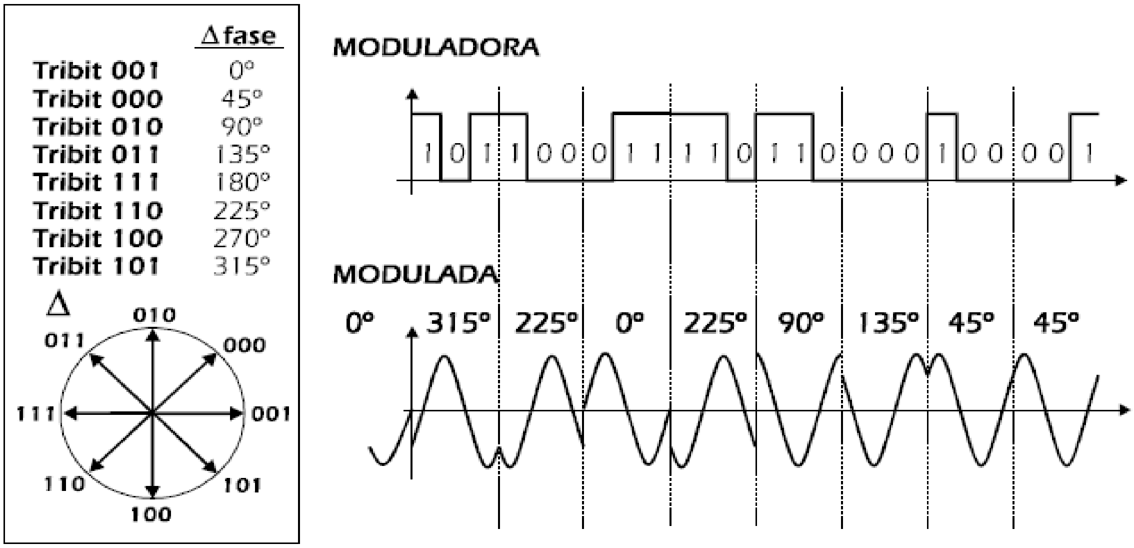


Fig.A.6. Asignación de fase a cada símbolo en la modulación MPSK

A.2. MODULACIONES COMPLEJAS

Utilizan dos portadoras para modular la señal y/o combinaciones de las modulaciones ya estudiadas.

Para poder transmitir dos portadoras moduladas sin interferencias entre ellas se desfasan 90º, dando lugar a la denominada modulación en cuadratura:

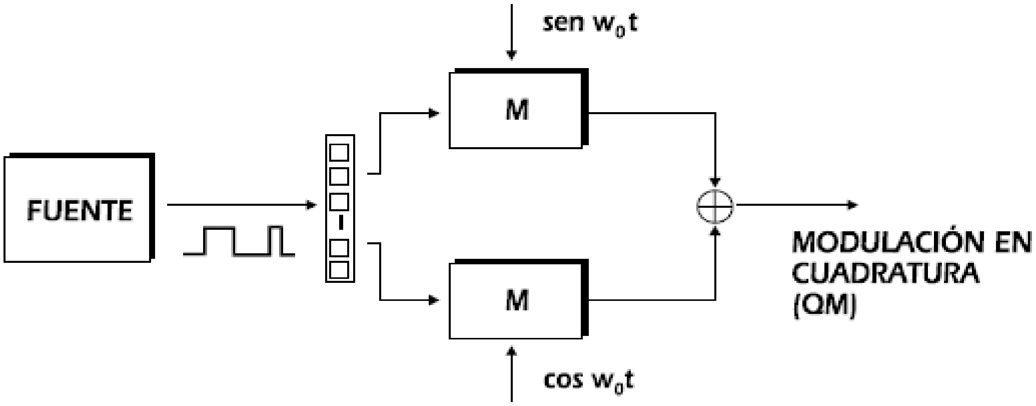


Fig.A.7. Esquema básico de una modulación compleja.

A.2.1. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

Las dos portadoras se modulan en amplitud con cuatro niveles. Los bits se agrupan de cuatro en cuatro: los dos primeros modulan en amplitud la portadora A y los dos últimos la B (16 estados):

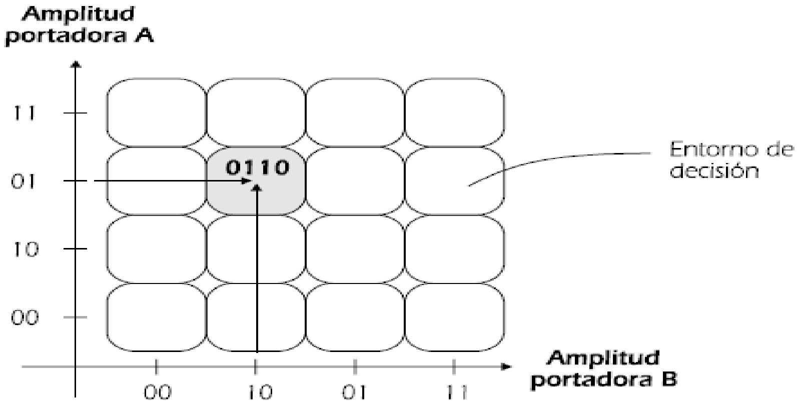


Fig.A.8. 16QAM

Con el propósito de obtener una eficiencia espectral mayor se recurre a métodos de modulación de mayor número de fases.

Debido a las prestaciones de tasa de error BER en función de la relación portadora a ruido C/N no es conveniente continuar incrementando el número de fases PSK. La modulación de 16 fases PSK consiste en 16 estados de fase distribuidos en una circunferencia con igual amplitud. La virtud de 16QAM frente a 16PSK es que las fases se encuentran más separadas una de otra con lo cual admiten una amplitud de ruido mayor.

ANEXO B:

PROPAGACIÓN Y DIVERSIDAD

A.1. Propagación multi-trayectoria

La propagación de señales en el espacio esta mayormente definida por una característica llamada propagación multi-trayectoria, esta característica proviene del fenómeno de que la antena receptora recibe más de una señal transmitida, de hecho recibe varias y todas ellas son replicas de la señal original transmitida, solo que llegan con menor potencia, con diferente ángulo de arribó y retrasadas en el tiempo.

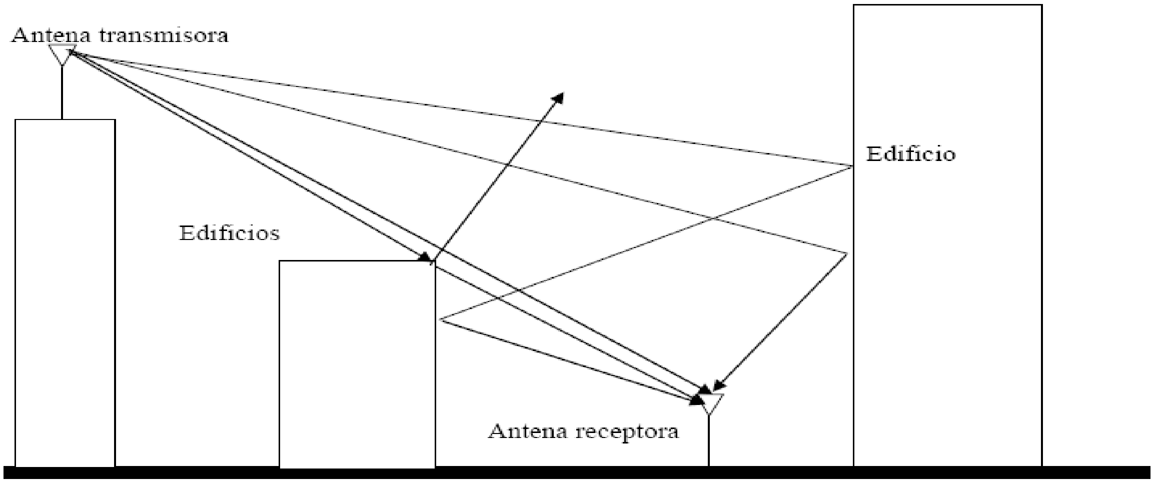
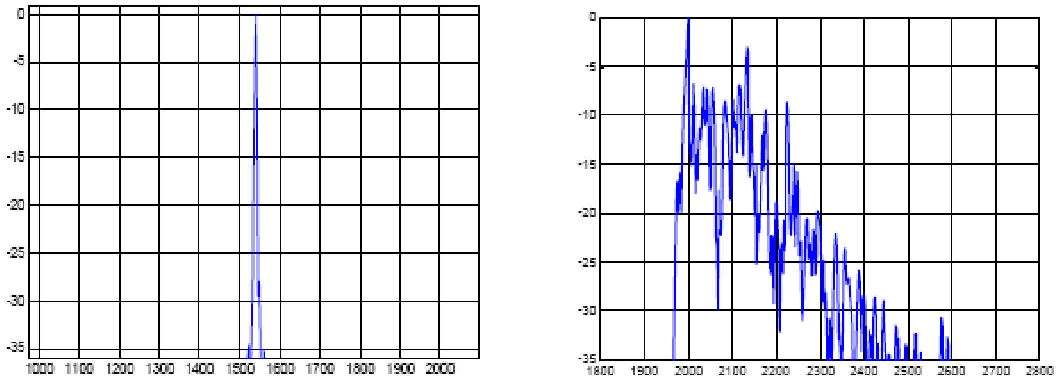


Fig. B.1. Propagación multi-trayectoria.



(a) (b)

Fig.B.2. Señal transmitida (a) y señal recibida (b).

Canales de comunicación de banda angosta

Son los canales que tienen como característica que la variación en el tiempo del canal es menor que el periodo de un bit de señal digital transmitido en ese mismo canal.

Canales de comunicación de banda ancha

Son los canales que tienen como característica que la variación en el tiempo de canal es mayor que el periodo de un bit de una señal digital trasmitida en el mismo canal.

Propagación de la señal

Las señales electromagnéticas se propagan por medio de varias formas entre una antena transmisora y una receptora, hay cinco formas reconocidas estas son, Ver figura B.3:

- **Línea de vista:** Señal que se propaga en el espacio directamente entre las dos antenas, sin ningún obstáculo que la afecte.

  Ejemplo satélites.

- **Reflexión:** Forma de propagación que se lleva a cabo cuando la señal se refleja en un obstáculo que tiene una dimensión mucho mayor a su longitud de onda.

  Ejemplo: la tierra, una casa o un edificio.

- **Refracción:** Forma de propagación que se lleva a cabo cuando la señal asa de un medio a otro.

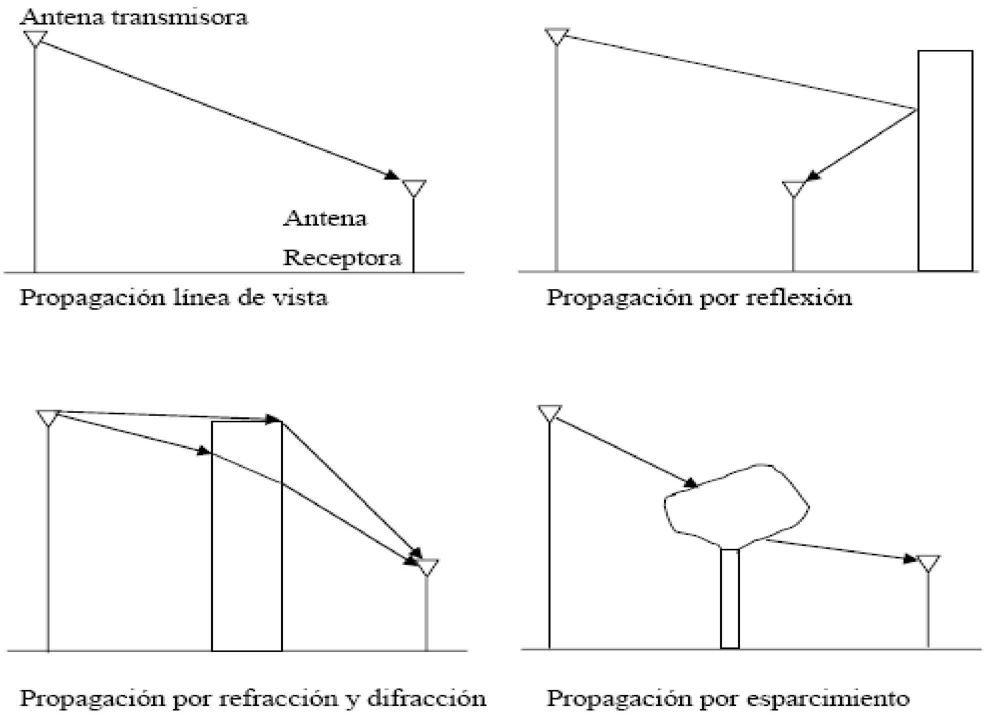
Por ejemplo, pasa del aire a través de un vidrio o una pared de concreto.

- **Difracción:** Forma de propagación que sucede cuando la señal encuentra bordes muy agudos de un obstáculo.
  Por ejemplo las esquinas de un edificio.

- **Esparcimiento (catering):** Forma de propagación que sucede cuando la señal se encuentra un obstáculo que tiene una longitud menor a la longitud de onda, pero su cantidad por unidad de volumen es mucho mayor. Ejemplo: las hojas de un árbol.

- **Desvanecimiento (Fading**): Efecto que resulta de la condición de que la señal que recibe una antena receptora está compuesta de muchas señales y la antena realiza una suma vectorial de todas las señales que recibe. Esa suma vectorial puede dar un resultado positivo, es decir todas fases de las señales coinciden y la señal resultante es de una potencia mayor que cualquiera de las señales recibidas. O la suma vectorial puede dar un resultado negativo, resultado que las fases de las señales recibidas no coinciden y la señal resultante es de una potencia baja, menor que cualquiera de sus componentes, ver figura B.4.

- **Desvanecimiento de pequeña escala:** Es el tipo de desvanecimiento que es resultado de la suma algebraica provocada por el efecto de multi-trayectoria. Tiene variaciones de potencia súbitas y de alta variación, típicamente puede ser de hasta 30 dB en un movimiento de unas pocas longitudes de onda. Ver figura B.5.



Propagación línea de vista

Propagación por reflexión

Propagación por refracción y difracción

Propagación por esparcimiento

Fig.B.3. Formas de propagación

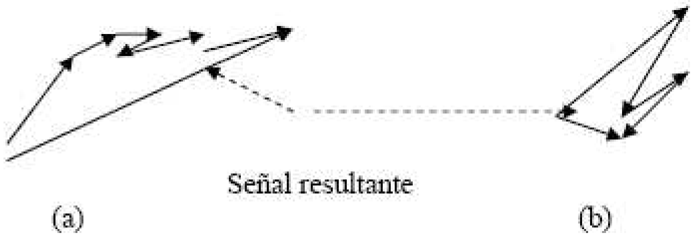


Fig.B5. Desvanecimiento, (a) positivo y (b) negativo

- **Desvanecimiento de larga escala**. Es el tipo de desvanecimiento provocado por el movimiento de la antena receptora y es resultado de la pérdida de potencia por la distancia.

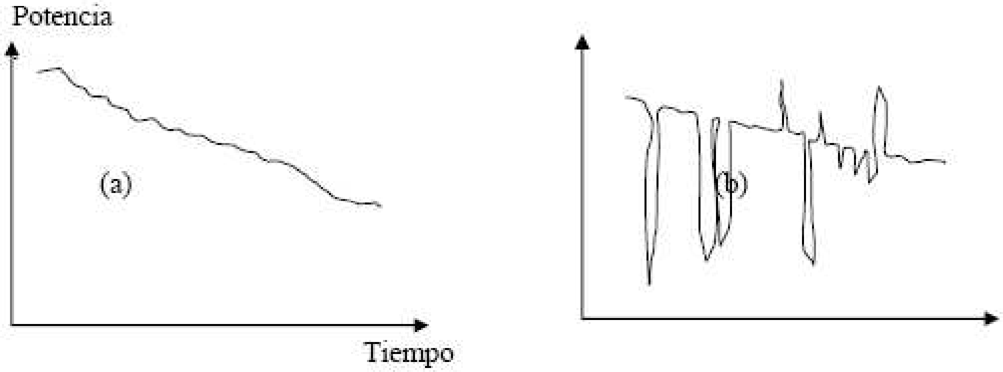


Fig.B.5. Desvanecimiento (a) a alta escala, (b) a baja escala

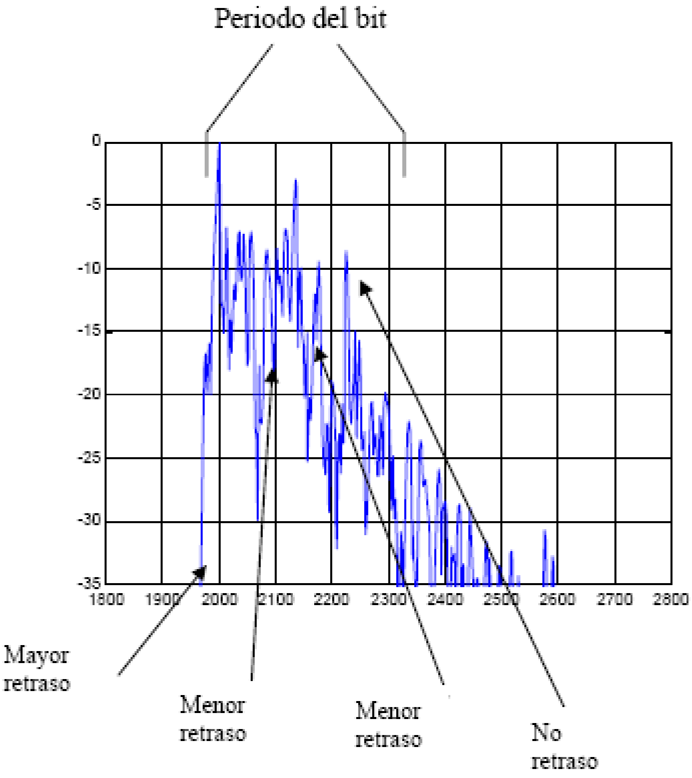


Fig. B.6. Operación del Ecualizador

Efecto Hopper

El efecto Hopper ocurre cuando el transmisor y/o el receptor de la información se encuentran en movimiento. El efecto Hopper se observa en todo tipo de ondas (sonoras, electromagnéticas, etc.), en la figura B.7, se puede observar como un transmisor delimitado por dos receptores (A y B), perturba el medio en el que se encuentra, las ondas originadas viajan a la misma velocidad por el mismo medio y lo hacen en forma de círculos concéntricos; si un receptor se encuentra en el punto A y otro en el punto B, ambos captan la llegada de las ondas al mismo tiempo.

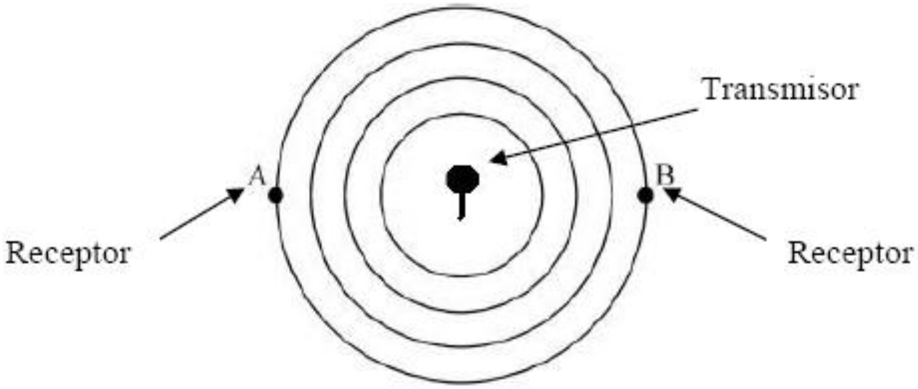


Fig.B.7. Efecto Hopper, los receptores A y B captan la llegada de ondas simultáneamente.

Si el transmisor se mueve en dirección al receptor B produciendo las mismas perturbaciones, cada perturbación estaría más lejana del receptor A, pero a la vez, más cercana del B. En la figura B.8, se muestra como la perturbación de un transmisor que está moviéndose entre dos receptores, está más cercana de un receptor que de otro, por lo tanto las ondas producidas viajan en menor tiempo al receptor B que al A, esto es, porque recorren una distancia menor con respecto a los receptores. Por lo tanto, el receptor A, registrará una frecuencia menor que el receptor B.

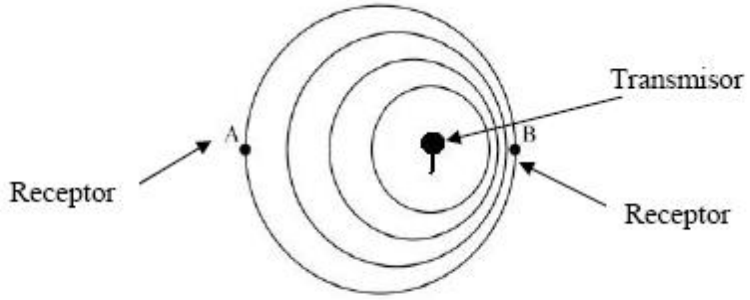


Fig.B.8. Ondas producidas que viajan en menor tiempo al receptor B que al A.

El Efecto Doppler se observa siempre que el transmisor y receptor se encuentren alejándose uno del otro y del mismo modo si ambos o alguno de ellos se encuentran acercándose.

La relación de la frecuencia cambia debido al efecto Doppler, la cual está ligada al movimiento que tiene el transmisor respecto al receptor y también a la velocidad de propagación de las ondas.

Pérdida por dispersión de Rayleigh

Cuando una señal se está propagando en el medio y choca contra varios obstáculos (montañas, estructuras metálicas, automóviles, etc.), esta señal se difracta. La difracción causa que la señal se disperse o reparta en varias direcciones. Una parte de la señal continua en la dirección correcta y otra parte se pierde. La parte de la señal que se escapa representa una pérdida en la potencia de la señal, a esto se le llama pérdida por dispersión de Rayleigh.

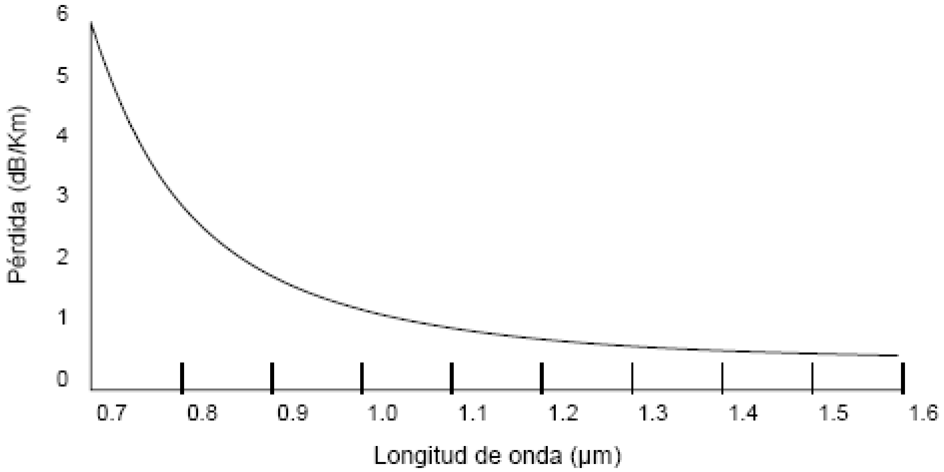


Fig. B.9. Pérdida de dispersión de Rayleigh como una función de longitud de onda.

Ruido

Una de las limitaciones más significativas en el funcionamiento de un sistema de comunicaciones es el ruido.

El ruido es una perturbación no deseada superpuesta a una señal, este interfiere en la información que contiene la señal original; cuanto más ruido, menor información. El ruido degrada los beneficios o ventajas de los sistemas de comunicaciones y la calidad de la señal recibida.

B.2. Ecualización y recepción por diversidad

B.2.1. Ecualización.

La ecualización es el procesamiento de señal que se hace en la antena del receptor. Consiste en revertir la degradación de la señal producida por los efectos de multi-trayectoria y desvanecimiento. Normalmente se hace para reducir la interferencia entre símbolos (ISI). Esta operación hace el efecto contrario al efecto de la propagación multi-trayectoria, es decir, retrasa el componente de la señal que llega primero y luego retrasa un poco menos la siguiente señal y así sucesivamente hasta no retrasar una determinada señal. Ver Fig. B.11.

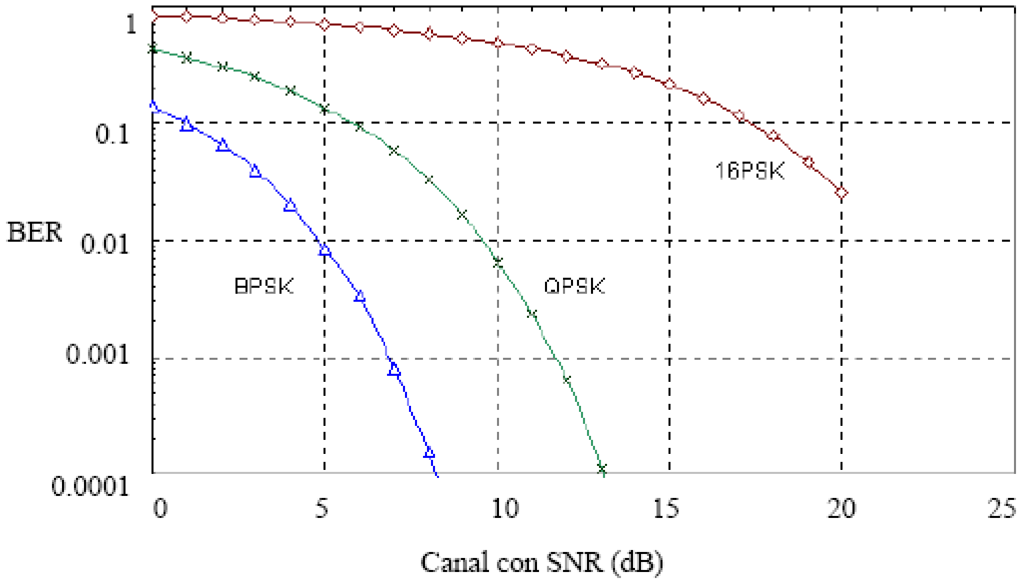


Figura B.11. BER contra SNR para OFDM utilizando BSPK, QPSK y 16PSK.

Características de los ecualizadores:

- Son adaptivos; se acoplan a los cambios temporales de la señal.
- Se implementan en banda base.
- La ecualización se hace en dos tiempos:
    - **Entrenamiento:** Una secuencia conocida de longitud fija es transmitida para que el ecualizador se "entrene".

- **Trazado:** el ecualizador traza los cambios temporales de la señal con la ayuda del entrenamiento y usa un estimado del canal para compensar la distorsión.

B.2.2 Diversidad.

Técnica usada para compensar los cambios súbitos de potencia producidos por el desvanecimiento de la señal. Esta técnica se apoya en la recepción múltiple de la misma señal, es decir, se reciben diversas señales en el mismo receptor. Cada una de estas señales proviene del mismo canal pero de diferente fuente.

Tipos de diversidad:

- **Frecuencia:** La señal se transmite en diferentes frecuencias en tiempos diferentes.
- **Polarización:** La señal se transmite con diferentes polarizaciones, las polarizaciones son ortogonales.
- **Espacio:** Se logra colocando dos o más antenas de recepción, las antenas deben estar separadas varias longitudes de onda.

- **Tiempo:** La misma señal se transmite en tiempos diferentes, la diferencia en tiempos debe ser mayor que la variación temporal del canal.

Diversidad por frecuencia: Se hace por medio de “saltos de frecuencias” (frecuencia hopping), es decir se cambia la frecuencia de la portadora en forma predeterminada. Primero se transmite en la portadora F1 y luego en la portadora F2 y luego en la F3 y enseguida en F1 De nuevo. Etc.

Diversidad por polarización: En este tipo de diversidad se cambia la polarización (posición de la antena) de la transmisión. Hay dos tipos de polarización la vertical y la horizontal, esto se refiere a la posición de la parte eléctrica de la señal electromagnética. Típicamente las antenas son posicionadas a 0º y 90º o a 45º y 45º.

Diversidad por espacio: Esta diversidad se logra con el uso de varias antenas, separadas varias longitudes de onda.

Los sistemas celulares usan regularmente tres antenas dos en el receptor y una en el transmisor.

Diversidad por tiempo: Esta se logra transmitiendo la señal en diferentes tiempos, los tiempos deben ser lo suficientemente separados para que no exista correlación entre las señales, normalmente se consideran los tiempos de retardo de la señal en el ambiente que se transmite.

Técnicas de combinación de diversidad

- Combinación por selección. La señal con mayor nivel es escogida.
- Combinación por proporción máxima (MRC). Las señal son “pesadas” y luego las de mayor proporción son sumadas y la resultante es escogida.
- Combinación con igual ganancia. Igual que MRC pero las señales no son pesadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Harri Holma & Antti Toskala, WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications, John Willey & Sons, 3ra Edición, Septiembre 2004

[2] Heikki Kaaranen, Siamäk Naghian, Lauri Laitinen, Ari Ahtiainen & Valtteri Niemi, UMTS Networks Architecture Mobility and Services, John Willey & Sons, 2da Edición, Abril 2005

[3] David Fajardo Patrón, Simulación de Tramas de WCDMA, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales//documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf, Septiembre 2009

[4] David Fajardo Patrón, Simulación de Tramas de WCDMA, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales//documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo2.pdf, Septiembre 2009

[5] David Fajardo Patrón, Simulación de Tramas de WCDMA, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales//documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo3.pdf, Septiembre 2009

[6] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Resumen Vodafone, http://www.coit.es/pub/ficheros/p125_resumen_vodafone_e8ff28f5.pdf, Octubre 2009

[7] Krishna Sankar, Maximal Ratio Combining, www.dsplog.com/2008/09/28/maximal-ratio-combining, Octubre 2009

[8] Dr. José Ramón Cerquides, Cominicaciones Móviles 2G y 3G+, Trabajo Personal Diapositivas, Enero 2010