

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES
CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN 3G, 1X. EN VENEZUELA.**

Tutor Académico: Prof. Francisco Varela

**Trabajo de Grado presentado a la ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al Título de Especialista en
Comunicaciones y Redes de Datos.
Por el Ing. Alexis Rodríguez**

Caracas, Febrero 2006

INDICE

1. CAPITULO I – CDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CODIGO.....	10
1.1. LA TECNOLOGÍA CDMA:.....	10
1.2. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS EN CDMA	12
1.2.1 Portadora.....	12
1.2.2 Las Bandas de Guarda	12
1.2.3 Implementación de un Canal Físico CDMA.....	13
1.3 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO	13
1.4 CONTROL DE POTENCIA.....	14
1.5 MODO DE OPERACIÓN DE CDMA, CANALES FÍSICOS Y LÓGICOS.....	15
1.6 “FRAME ERROR RATE”	16
1.7 PROCESO DEL “ENLACE DESCENDENTE” EN CDMA	16
1.7.1 “Vocoder”	17
1.7.2 “Channel Coder”	18
1.7.3 “Bit Interleaver”	18
1.7.4 Esparcimiento por Secuencia Directa.....	18
1.7.5 Encriptación o Esparcimiento por Código Largo.....	20
1.7.6 Esparcimiento por Función “Walsh”.....	20
1.7.7 Esparcimiento de Cuadratura (Código Corto, PN)	20
1.7.8 Generador de Secuencia Directa (Pseudo-Ruido)	20
1.7.9 Discriminación de un Canal con Secuencia Directa Conocida.....	21
1.8 PROCESO DEL “ENLACE ASCENDENTE” EN CDMA	23
1.8.1 “Vocoder”	23
1.8.2 “Channel Coder”	24
1.8.3 “Bit Interleaving”	24
1.8.4 Modulación por Símbolos.....	24
1.8.5 Encriptación o Esparcimiento por Código Largo.....	24
1.8.6 Esparcimiento de Cuadratura (Código Corto)	25

1.8.7	<i>Modulación de Cuadratura</i>	25
1.8.8	<i>Canales Lógicos CDMA</i>	25
1.8.9	<i>Canal Piloto</i>	25
1.8.10	<i>Canal de Sincronía</i>	26
1.8.11	<i>Canal de “Paging”</i>	26
1.8.12	<i>Canal de Acceso</i>	26
1.8.13	<i>Canal de Tráfico</i>	27
1.9	ASIGNACIÓN DE POTENCIA	27
1.10	CDMA ARQUITECTURA	28
1.11	ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS DE CDMA:	29
2	CAPITULO II – TECNOLOGÍAS DE TERCERA GENERACION	31
2.1	TECNOLOGÍAS DE TERCERA GENERACIÓN	31
2.2	ESTÁNDAR IMT-2000.....	31
2.2.1	<i>Espectro Radioeléctrico para IMT-2000</i>	32
2.2.2	<i>Interfaz de Aire para IMT-2000</i>	32
2.3	TECNOLOGÍA CDMA 2000:	34
2.3.1	<i>La Interfaz de Aire de CDMA2000</i>	34
2.3.2	<i>Diversidad de Transmisión</i>	35
2.3.3	<i>Modulación Ortogonal</i>	36
2.3.4	<i>Códigos de “Walsh” en CDMA 2000</i>	36
2.3.5	<i>Control de Potencia</i>	37
2.3.6	<i>Canales Lógicos en CDMA2000</i>	37
2.3.7	<i>Arquitectura CDMA2000</i>	38
2.3.8	<i>Arquitectura de Capas OSI en CDMA2000</i>	39
2.4	TECNOLOGÍA UMTS:	41
2.4.1	<i>Arquitectura de UMTS:</i>	42
2.4.2	<i>Estructura Jerárquica:</i>	45
2.4.3	<i>El Canal de Radio</i>	48
2.4.4	<i>Modos de Operación de UTRA</i>	48
2.5	TECNOLOGÍA CDMA 2000 1xEV-DO (EVOLUCIÓN DE DATOS OPTIMIZADO).	50

2.5.1	<i>Enlace descendente 1xEV-DO</i>	51
2.5.2	<i>Enlace Ascendente 1xEV-DO</i>	54
2.5.3	<i>Señalización de 1xEV-DO</i> :.....	56
3	CAPITULO 3. TERCERA GENERACIÓN EN VENEZUELA	62
3.1.	CDMA EN VENEZUELA:.....	62
3.2.	CONFIGURACIÓN DE 1xEV-DO EN VENEZUELA.	64
3.3	PRUEBAS DE CAMPO DE 1xEV-DO.	65
3.4	MIGRACIÓN A TERCERA GENERACIÓN.....	71
	CONCLUSION	72
	GLOSARIO	74
	BIBLIOGRAFIA	75
	ANEXO I	77
	CANALES LÓGICOS EN EL ENLACE DESCENDENTE DE CDMA2000	77
	CANALES LÓGICOS EN EL ENLACE ASCENDENTE DE CDMA2000.....	81

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 , Esquema Simplificado del Funcionamiento de CDMA (Fuente Propia).....	11
Figura 2 , Comparación del Uso del Espectro por los Suscriptores en FDMA, TDMA y CDMA (www.lucent.com)	12
Figura 3 , Uso del Espectro CDMA, Implementación del Segundo Canal Físico CDMA (Fuente Propia)	13
Figura 4 , Proceso del “Enlace Descendente” en CDMA (Fuente Propia).	17
Figura 5 , Proceso de Esparcimiento y Recuperación por Secuencia Directa (Fuente propia).....	19
Figura 6 , Función de Autocorrelación (Fuente Propia).....	22
Figura 7 , Esquema de Funcionamiento del “Enlace Descendente” (Fuente Propia)	22
Figura 8 , Proceso del “Enlace Ascendente” en CDMA (Fuente Propia)	23
Figura 9 , Asignación de potencia de los canales Lógicos (Fuente Propia).....	27
Figura 10 , Componentes de una Red CDMA (Fuente Propia).....	28
Figura 11 , Estructura de Capas de CDMA. (V.K.Grag, 2000)	29
Figura 12 , Especificaciones de Tercera generación definidas por IMT2000 (ITU IMT-2000 System).....	33
Figura 13 , Espectro de CDMA200 para N=3 (V.K.Grag, 2000)	34
Figura 14 , Arquitectura General de CDMA2000 (http://www.ericsson.com/review)	38
Figura 15 , Arquitectura de Capas OSI de CDMA2000(www.lucent.com).....	39
Figura 16 , UMTS Arquitectura (www.umtsworld.com).....	42
Figura 17 , Jerarquía de Celdas UMTS. (www.umtsworld.com).....	46
Figura 18 , Data Rate vs. Mobility (www.umtsworld.com).....	47
Figura 19 , Espectro UMTS (Fuente Propio).	47
Figura 20 , Arquitectura del Modelo de Referencia 1xEV-DO (Amaury, Simulation Model).....	52
Figura 21 , 1xEV-DO Estructura del Canal Descendente (Qualcomm, 1xEV)	53
Figura 22 , 1xEV-DO Estructura del Canal Ascendente (Qualcomm, 1xEV)	56
Figura 23 , 1xEV-DO Estructura del Canal Ascendente (Qualcomm, 1xEV)	57
Figura 24 , Arquitectura 1xEV-DO, (Fuente Propia).....	65
Figura 25 , 1xEV-DO Ec/Io Terminal de Acceso.	67

Figura 26, 1xEV-DO PER del Terminal de Acceso.....	69
Figura 27, 1xEV-DO Descarga de Datos del Terminal de Acceso.	70
Figura 28, Canales Lógicos del Enlace Descendente. (V.K.Grag, 2000)	77
Figura 29, Canales del Enlace Descendente (V.K.Grag, 2000)	81
Figura 30, Canales Físicos Enlace Ascendente. (V.K.Grag, 2000).....	81
Figura 31, Canales del Enlace Ascendente. (V.K.Grag, 2000)	84

RESUMEN

Actualmente la telefonía y el Internet captan el mayor interés dentro del mundo de las Telecomunicaciones y la informática, potenciado por la gran demanda de servicio por parte de los usuarios lo cual a su vez ha generado desarrollos acelerados en las tecnologías y los servicios asociados.

La alta demanda de servicios de voz, datos y video impulsan la unificación de las redes hacia una sola plataforma que proporcione altos niveles de compatibilidad.

La telefonía móvil representa en la actualidad el punto de evolución necesario para la prestación de nuevos servicios, por esta razón las organizaciones de estandarización y los proveedores de tecnología están trabajando en el desarrollo de las nuevas generaciones de comunicación Celular.

El Presente trabajo muestra la tecnología CDMA y su evolución hacia la tercera generación celular, mostrando las especificaciones, arquitecturas que permiten soportar aplicaciones de alta velocidad de datos.

El Primer Capitulo muestra las especificaciones, componentes y arquitectura de equipos y protocolos de la tecnología CDMA.

El Segundo Capitulo presenta las tecnologías de 3ra generación, mostrando el estándar IMT 2000 y las tecnologías de tercera generación que utilizan CDMA como interfaz de aire.

En el Tercer Capitulo muestra una visión de la implementación de la tecnología CDMA en Venezuela y la evolución de esta tecnología hacia la tercera generación celular.

INTRODUCCION

Las comunicaciones inalámbricas están tomando un rol líder en el negocio de las comunicaciones, el crecimiento acelerado de la Internet y los usuarios de servicios de datos y multimedia están demandando que estos servicios tengan disponibilidad móvil.

Durante la última década se ha trabajado en descubrir mejores técnicas para incrementar la capacidad, las tasas de transmisión, así como introducir nuevos servicios dentro de las comunicaciones móviles. Alcanzar estos esfuerzos han sido alineados a través de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y otros organismos hasta encontrar los estándares y recomendaciones para desarrollar redes de comunicaciones móviles las cuales tienen acceso a servicios multimedia con parámetros de calidad similares a los ofrecidos por las redes fijas.

La introducción de los sistemas de tercera generación recomendados en el estándar IMT-2000 (desarrollada por la ITU) propone que las capacidades de segunda generación (voz y baja/media tasa de datos) son extendidas logrando capacidad para servicios multimedia.

El Presente trabajo busca establecer una conexión evolutiva entre las redes de segunda generación CDMA y los nuevos sistemas de tercera generación definidos en el estándar IMT-2000 tales como CDMA2000 y UMTS.

Para la elaboración de este documento se recolecto información de diferentes proveedores de equipos de segunda y tercera generación, así como la revisión de documentos de recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU, para establecer los fundamentos teóricos de las tecnologías CDMA, CDMA2000, UMTS y 1xEV-DO, finalmente se estudio un caso practico donde se realiza una comparación de algunos parámetros del sistema 1xEV-DO contra la tecnología de segunda generación CDMA.

Este trabajo presenta los fundamentos teóricos de la tecnología CDMA mostrando sus conceptos, especificaciones, funcionamientos y estableciendo con claridad las características de esta tecnología de segunda generación celular.

Con el objetivo de introducir las tecnologías de tercera generación se muestran los planteamientos de las recomendaciones de IMT-2000, posteriormente se presentan los conceptos, especificaciones de las tecnologías CDMA2000, UMTS y 1xEV-DO.

En la última sección de este documento se presenta los resultados de un ejercicio práctico de campo de la tecnología 1xEV-DO, donde se establecen comparaciones con la tecnología CDMA de segunda generación.

1. CAPITULO I – CDMA ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CODIGO

1.1. La Tecnología CDMA:

La tecnología CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) es una alternativa al problema de la capacidad para los sistemas celulares, con una técnica de control de potencia más eficiente.

La clave para la alta capacidad en CDMA es el esparcimiento de la cadena de datos que corresponde a cada usuario por medio de secuencias directas de pseudo-ruido, tal como fue por primera vez sugerido por Claude Shannon décadas atrás, ofreciendo una eficiencia espectral superior. En la Figura 1 se observa el esquema general del concepto de CDMA, que consiste en el esparcimiento de la cadena de datos por parte de un código conocido y el traslado de la señal esparcida a la banda de frecuencia deseada, para su transmisión en el aire. Una vez en el aire, a esta señal se le suman el ruido térmico, interferencia externa al sistema y la interferencia de otros usuarios con códigos diferentes. En el receptor, la señal recibida se coloca nuevamente en banda base, y se correlaciona con el código que fue utilizado para esparcir la señal original de esta manera se recupera la cadena de datos inicial, minimizando a niveles de ruido el resto de las señales que habían sido añadidas en el aire.

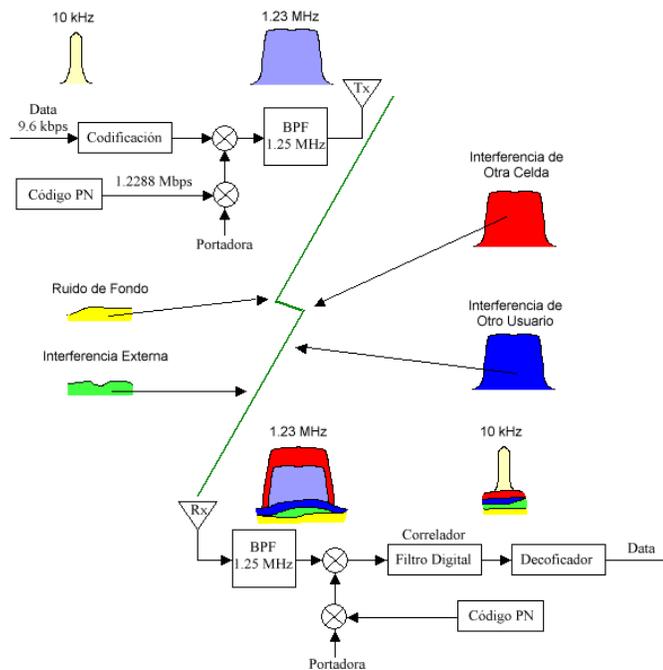
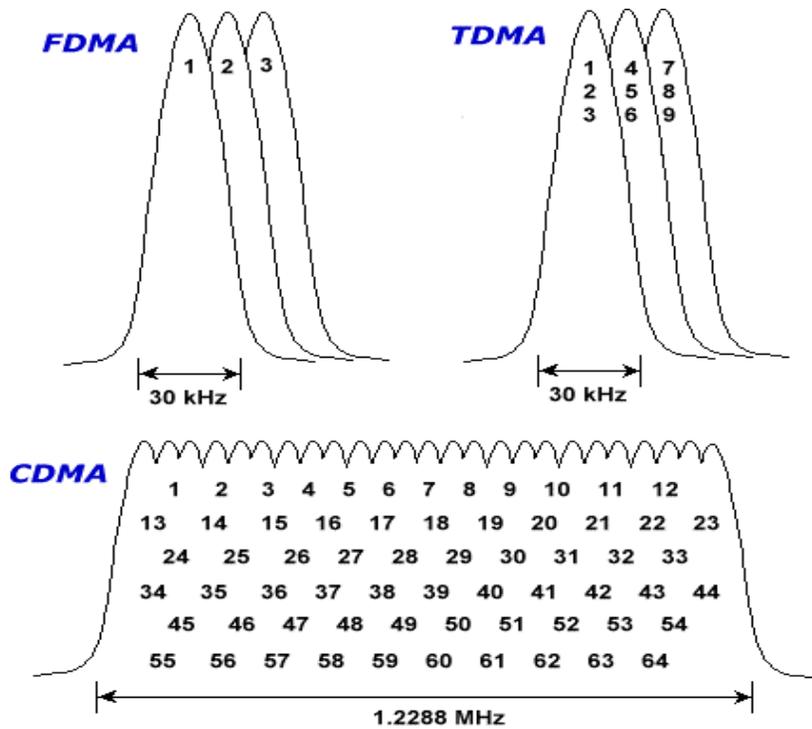


Figura 1, Esquema Simplificado del Funcionamiento de CDMA (Fuente Propia)

En vez de dividir el espectro o el tiempo en segmentos, a cada usuario se le asigna una secuencia directa de pseudo-ruido diferente. Aunque estas señales no son rigurosamente ortogonales, están muy cercanas a serlo. El receptor correlaciona su señal con la secuencia directa deseada, mejorando la relación señal a ruido en el detector. Esta mejora sobrelleva el ruido sumado, de manera que se puede obtener una relación señal a ruido adecuada en el detector. El reuso de frecuencia se realiza en todas las estaciones base y sectores del sistema. En la Figura 2 se muestra la forma en que los suscriptores hacen uso del espectro en los sistemas FDMA (un llamada en un canal de 30kHz), TDMA (tres llamadas en un canal de 30kHz) y CDMA (64 Canales en una portadora de 1.2288). y se muestra como todos los usuarios usan el mismo segmento del espectro, de 1.2288MHz de ancho de banda, el cual es reusado en cada sector de todas las estaciones base del sistema.



*Figura 2, Comparación del Uso del Espectro por los Suscriptores en FDMA, TDMA y CDMA
(www.lucent.com)*

1.2. Asignación de Frecuencias en CDMA

CDMA ofrece un cambio radical en la manera de distribuir los espectros de potencia en el cual debemos definir los canales físicos y su implementación.

1.2.1 Portadora

El ancho de banda de un canal físico CDMA es nominalmente 1.23 MHz correspondientes a 41 canales FDMA (30 kHz) que corresponde a una portadora.

1.2.2 Las Bandas de Guarda

En CDMA se utilizan bandas de guarda entre los canales físicos CDMA y los canales FDMA o TDMA existentes de 270 kHz , correspondientes a 9 canales FDMA .

1.2.3 Implementación de un Canal Físico CDMA

Para introducir un canal físico CDMA sin interferir con el resto de los canales FDMA o TDMA existentes, se deben remover 59 canales FDMA ($59 \times 30 \text{ kHz} = 1.77 \text{ MHz}$).

CDMA necesita una o más bandas de 1.23 MHz, además de dos bandas de guarda de 270 kHz, si está en frecuencias cercanas a FDMA. Cuando se introduce la segunda banda CDMA se deben remover 41 canales FDMA adicionales, lo que totaliza 100 canales FDMA para dos portadoras CDMA. Se puede observar que a mayor número de portadoras CDMA instaladas, menor es el número de canales FDMA removidos por portadora CDMA.

En la Figura 3 se ilustra la distribución de dos bandas CDMA, una centrada en el canal FDMA 283 y la otra en el canal 242, en la misma se observa que entre las dos portadoras CDMA no existe banda de guarda, pero que si existen dos bandas de guarda en los extremos de las portadoras.

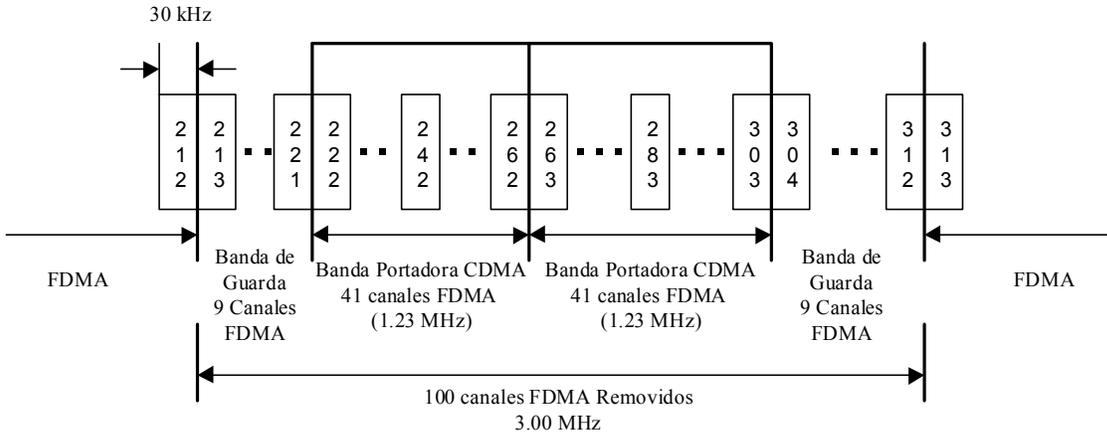


Figura 3. Uso del Espectro CDMA, Implementación del Segundo Canal Físico CDMA (Fuente Propia)

1.3 Relación señal a Ruido

La capacidad en CDMA se determina por el balance entre la relación señal a ruido requerida por cada usuario y la ganancia de procesamiento del espectro

esparcido. La figura de mérito de un sistema bien diseñado es la relación señal a ruido (SNR), que relaciona la energía por bit (E_b) con el ruido de fondo (N), como lo indica la formula (1):

$$\frac{E_b}{N} \equiv \frac{E_b}{N_o + I} \quad (1)$$

El ruido en un sistema de espectro esparcido (N) es de hecho la suma del ruido térmico (N_o) más la interferencia de los demás usuarios (I). La SNR necesaria para alcanzar una tasa de error dada depende de muchos factores, tales como el código de corrección de error usado y los aspectos de desvanecimiento y multitrayectoria propios del ambiente. Para los receptores comerciales típicos, esta relación varía entre 3 y 9 dB.

1.4 Control de Potencia

La tecnología que habilita la existencia de CDMA es el control de potencia. Este está diseñado para minimizar la interferencia. En lugar de hacer que todos los móviles transmitan a la misma potencia, estos deben ser controlados de manera que la potencia recibida en la estación base proveniente de cada móvil sea casi la misma. De esta manera todos los usuarios pueden ocupar el mismo ancho de banda.

Se usan dos formas de control de potencia en el “Enlace Ascendente”:

1. Control de potencia de lazo abierto: supone que las pérdidas de potencia en el “Enlace Ascendente” y en el “Enlace Descendente” son iguales, por lo que la suma de la potencia recibida en el móvil y la transmitida desde el móvil debe ser constante, por lo tanto, una disminución en la potencia recibida se traduce en un aumento de la potencia transmitida. Este es el control de potencia que se implementa en el móvil y sirve para estimar la potencia que necesita transmitir el móvil para ser detectado por la estación base.

2. Control de potencia a lazo cerrado: permite que la potencia transmitida por el móvil se desvíe del valor determinado por el control de lazo abierto. La estación base monitorea la tasa de error en la información recibida desde cada móvil y le ordena que aumente o disminuya la potencia transmitida en pasos de un decibel. Este proceso se repite 800 veces por segundo. Además el móvil le indica a la estación base si las tramas recibidas han sido detectadas correctamente y esta información la utiliza la estación base para aumentar o disminuir su potencia de transmisión.

1.5 Modo de Operación de CDMA, Canales Físicos y Lógicos.

El estándar IS-95 define el canal de RF (Radio Frecuencia) como uno de Acceso Múltiple por División de Código en Secuencia Directa, con División por Frecuencia Dúplex (DS-SS-SSMA/FDD). Esto significa que se utiliza espectro esparcido por secuencia directa para dar acceso a múltiples usuarios en cada canal. La división por frecuencia dúplex significa que el espectro disponible se divide en varios canales (cada uno contiene la comunicación de múltiples usuarios) que pueden transportar simultáneamente ambos sentidos de la comunicación, para esto se asigna un canal de RF a la transmisión desde la estación base al móvil y otro canal de RF ubicado 45 MHz por debajo en el espectro, a la transmisión desde el móvil a la estación base.

Cada comunicación individual o canal lógico se define en términos de una frecuencia RF y un código. El transmisor CDMA asigna un código o secuencia única para representar cada bit de la trama de datos a ser transmitida. El IS-95 especifica que cada bit se represente por una secuencia de 128 bits, por lo tanto la señal de cada llamada se esparce en un espectro que es aproximadamente 128 veces más grande que el de la señal original. A cada uno de los usuarios en un canal RF se le asigna un código único.

La señal deseada se extrae del ruido y la interferencia porque el receptor conoce el código asignado a esa señal. El receptor ignora todas las señales con códigos diferentes. Para el "Enlace Descendente" se especifican 64 códigos diferentes, de

manera que hay un máximo de 64 canales lógicos para el “Enlace Descendente” y el “Enlace Ascendente”, que son utilizados para comunicaciones de tráfico y control. En el “Enlace Ascendente” la identificación se realiza por un código único que se deriva del número de serial electrónico del móvil.

1.6 “Frame Error Rate”

Uno de los parámetros de la comunicación entre el móvil y la estación base es el FER (Frame Error Rate) o tasa de error en trama. Cuando la interferencia se incrementa debido a llamadas en estaciones base vecinas o en la misma estación base, la tasa de error aumenta reduciendo la calidad de la comunicación.

Mientras más llamadas se hacen, se genera más interferencia por llamadas con códigos de pseudo-ruido y tanto la estación base como el móvil incrementan su potencia para reducir el FER a un valor aceptable. Se llega a un punto en el cual ni la estación base ni el móvil pueden aumentar su potencia para reducir el FER. Este es el límite variable del número de llamadas en una estación base y depende de:

1. El ruido natural o de otras aplicaciones.
2. La interferencia por otras llamadas en la misma estación base.
3. La interferencia por otras llamadas en otras estaciones base.

1.7 Proceso del “Enlace Descendente” en CDMA

El “Enlace Descendente” en CDMA es la comunicación en la dirección estación base-móvil. Esta comunicación transporta tráfico e información de control. Este proceso se desarrolla en diferentes etapas, que convierten la información de tráfico y control en la señal de espectro esparcido que, finalmente, se irradia. A continuación en la figura 4 se explica cada una de estas etapas en el orden en el cual se realizan.

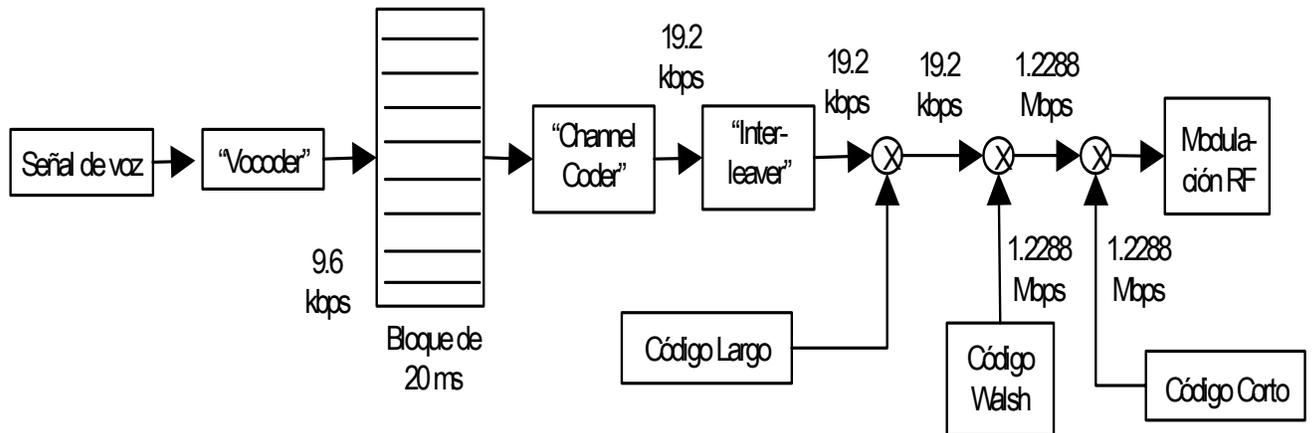


Figura 4, Proceso del “Enlace Descendente” en CDMA (Fuente Propia).

1.7.1 “Vocoder”

La señal de voz proveniente de la red pública (“PSTN”) se digitaliza como data de baja tasa de bits. Esta función se realiza en el MSC (“Mobile Switching Center”) de manera que esta data de baja tasa de bits se envía a la estación base. El estándar IS-95A establece dos grupos de tasas de bits básicos, el de 8 kbps y el de 13 kbps para voz a tasa completa. Adicionalmente el estándar también especifica una tasa variable de bits, de manera que se transmite una tasa menor cuando el usuario no está hablando. El “vocoder” ajusta la tasa de bits automáticamente ante cambios de la actividad de la voz. Están especificadas cuatro tasas de bits: tasa completa, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{8}$, para cada uno de los grupos de tasas de bits básicos.

En el “Enlace Descendente” se transmite efectivamente la misma tasa de bits para cada uno de los subgrupos de tasas de bits del “vocoder”, repitiendo cada subtrama las veces que sea necesario, pero reduciendo la potencia de transmisión de cada trama, de manera que una trama produce menos interferencia al resto de los usuarios.

1.7.2 “Channel Coder”

En esta etapa se agregan bits para detección y corrección de errores a la data de tráfico para así mejorar la probabilidad de que la data sea recibida por el receptor sin errores. El estándar IS-95 especifica algoritmos que están optimizados para detectar y corregir errores introducidos por el ruido y la interferencia en el canal físico.

1.7.3 “Bit Interleaver”

La propagación en el canal físico sufre cambios rápidos en el nivel de potencia de la señal recibida (desvanecimiento). La codificación de canal (“Channel Coding”) puede detectar y corregir algunos bits errados, pero no puede enfrentar la pérdida de muchos bits consecutivos. El “Bit Interleaver” hace réplicas de cada bit y las coloca aleatoriamente en múltiples bloques de datos, de manera que en la corrección de cada bloque sólo se tenga que enfrentar la pérdida de pocos bits.

1.7.4 Esparcimiento por Secuencia Directa

En un sistema de espectro esparcido, la señal de información $b(t)$, se multiplica por una señal de banda ancha $c(t)$ que es la salida del generador de secuencia directa. La señal que eventualmente es transmitida, $y(t)=b(t)c(t)$ ocupará un ancho de banda aproximadamente igual al de $c(t)$. La relación de T_b (tiempo de bit de $b(t)$) entre T_c (tiempo de bit de $c(t)$ o tiempo de “chip”) es la ganancia de procesamiento. Las señales mencionadas deben estar codificadas bipolarmente y la multiplicación es física ($c(t)\otimes b(t)$).

Cuando $b(t)$ y $c(t)$ tienen la misma tasa de bits, el producto contiene toda la información de $b(t)$ y la misma tasa de bits. El espectro de la señal no cambia y la secuencia de bits resultante se dice que está encriptada.

Cuando $c(t)$ tiene una tasa de bits más alta, el producto $y(t)$ contiene toda la información de $b(t)$, una tasa de bits más alta y un ancho de banda mayor. Además de estar encriptada, se dice que $b(t)$ tiene su espectro esparcido.

El esparcimiento no cambia la potencia, sino que cambia cómo la potencia se distribuye en el espectro. Cuando una señal es esparcida, su ancho de banda es aumentado y la densidad espectral de potencia se reduce en un factor de G (ganancia de procesamiento), numéricamente igual a

$$G = \frac{F_c}{F_b} = \frac{T_b}{T_c}$$

donde F_c y F_b son los anchos de banda de las señales $c(t)$ y $b(t)$, respectivamente.

Para recuperar una señal esparcida, simplemente se vuelve a multiplicar por la secuencia directa $c(t)$. Cabe destacar que $y(t)c(t)=b(t)$, ya que toda señal bipolar al ser multiplicada por sí misma resulta igual a uno. En la Figura 5 se observa gráficamente el proceso de esparcimiento y recuperación por secuencia directa.

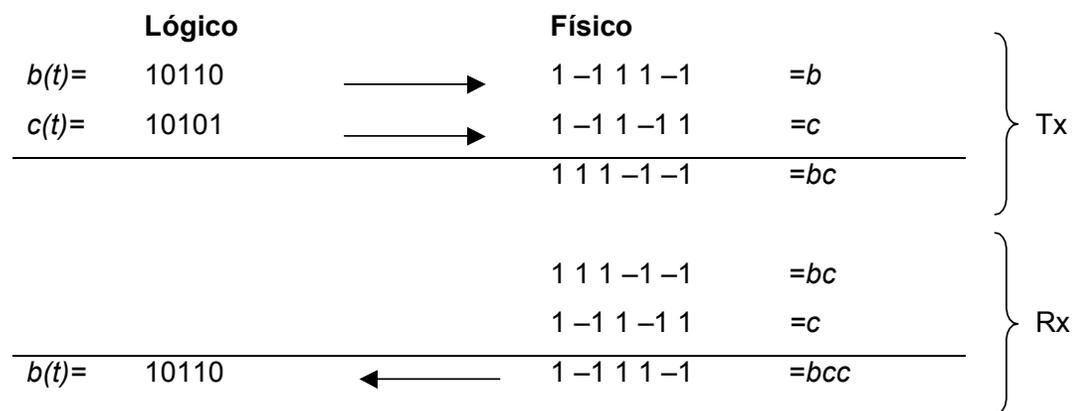


Figura 5. Proceso de Esparcimiento y Recuperación por Secuencia Directa (Fuente propia)

Una señal puede ser esparcida repetidamente por secuencias directas distintas. En el estándar IS-95 se definen 3 secuencias directas para esparcir la señal de tráfico $b(t)$. La primera de ellas es el Código Largo o código de privacidad ($c(t)$); luego se utiliza la Función “Walsh”, para identificación del canal físico ($d(t)$) y finalmente el código corto para identificación de la estación base ($e(t)$). La señal transmitida es el producto de la

señal de tráfico por todas estas secuencias directas ($y(t) = b(t)c(t)d(t)e(t)$). Estas secuencias se explican en las siguientes secciones.

1.7.5 Encriptación o Esparcimiento por Código Largo

En este punto, la data puede ser encriptada usando una llave de encriptamiento, única para cada usuario, para así proveer de seguridad en el canal físico. El estándar IS-95 especifica un algoritmo de encriptamiento que utiliza una llave privada del suscriptor y un código largo pseudo-aleatorio, para encriptar la data de cada suscriptor. Esta llave es solo conocida por la estación móvil y por el sistema y nunca es transmitida en el canal físico. El estándar IS-95 establece que esta encriptación es opcional.

1.7.6 Esparcimiento por Función “Walsh”

Una vez encriptada la data se combina con un código único llamado Función “Walsh”, el cual identifica el canal lógico asignado a esa llamada. La función “Walsh” es generada de tal manera que no interfiera con ningún otro canal lógico dentro del mismo canal físico. Una función como esta se denomina función ortogonal.

1.7.7 Esparcimiento de Cuadratura (Código Corto, PN)

En este punto la data se combina con una versión de la secuencia de pseudo-ruido corta desplazada en tiempo, para así identificar el sector (o estación base) que está transmitiendo la señal.

1.7.8 Generador de Secuencia Directa (Pseudo-Ruido)

Una secuencia directa o pseudo-ruido se genera mediante un “shift register” de longitud máxima de m etapas. La secuencia o código PN que se produce a la salida se repite luego del período máximo que corresponde a $2^m - 1$ corrimientos. Para que la

forma de onda a la salida tenga la propiedad de pseudo-ruido, las salidas de ciertas etapas deben tener conexiones de realimentación que se pueden hacer de diferentes maneras. Diferentes conexiones de realimentación resultan en codificaciones de salida diferentes.

1.7.9 Discriminación de un Canal con Secuencia Directa Conocida

Una vez que cada uno de los canales lógicos ha pasado por todo el proceso de codificación y esparcimiento las señales resultantes son sumadas y moduladas por una portadora específica. Esta es la señal que llega a cada una de las estaciones móviles. Cada receptor debe ser capaz de extraer de esta señal la información del canal lógico que le corresponda, simplemente conociendo las secuencias directas que fueron utilizadas para el esparcimiento de la señal de interés.

Para distinguir en el receptor una señal que ha sido esparcida con una secuencia directa conocida del resto de las señales se utilizan las propiedades de autocorrelación de las secuencias directas. El promedio del producto de dos secuencias directas diferentes, así como el promedio del producto de una secuencia directa por sí misma, pero con desfase, resulta en valores mucho menores que el promedio del producto de una secuencia directa por sí misma en fase. De esta manera, la información que quiere ser recuperada tendrá más intensidad que el resto de las señales, las cuales serán observadas como ruido. Para ello es necesario que el receptor realice el producto de la señal recibida por las secuencias directas con el desfase apropiado. Finalmente, la señal recuperada pasa por un detector que recupera la secuencia de datos.

En la Figura 6, se observa la función de autocorrelación, en la cual se puede ver el promedio del producto de una secuencia directa por sí misma ante diferentes desfases.

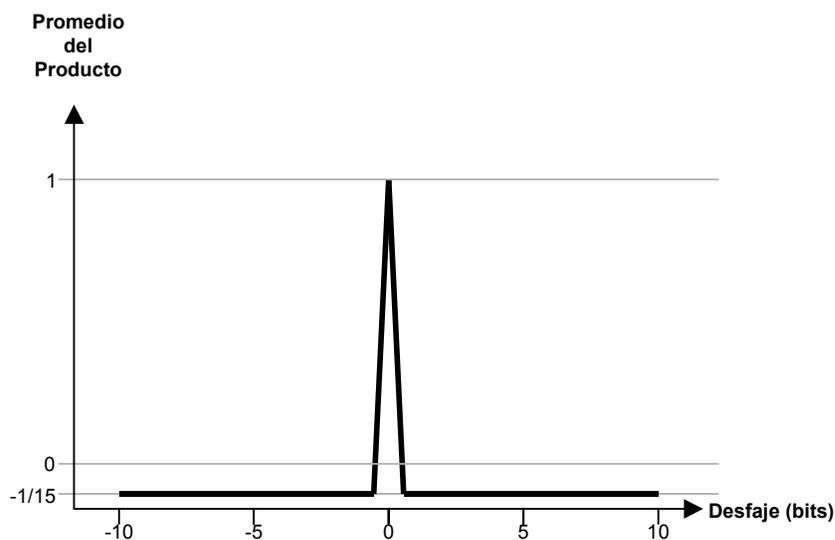


Figura 6, Función de Autocorrelación (Fuente Propia)

En la Figura 7, se presenta de manera esquemática cómo los diferentes canales lógicos se combinan y son transmitidos, así como la demodulación y recuperación en cada estación móvil.

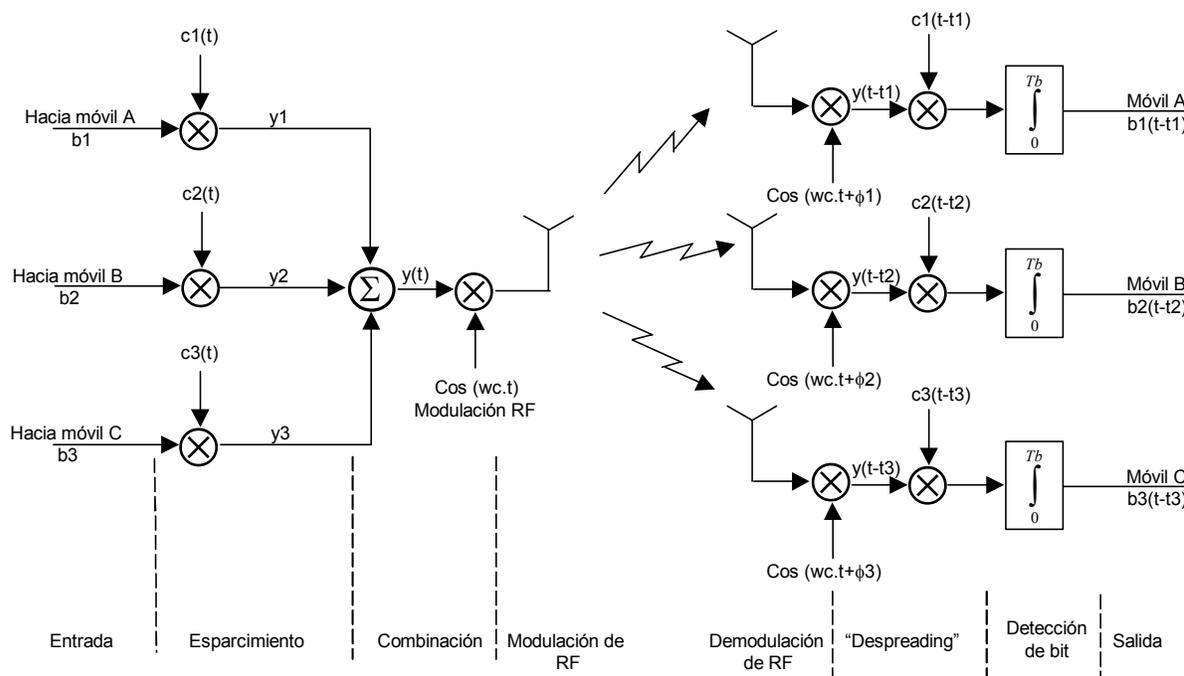


Figura 7, Esquema de Funcionamiento del "Enlace Descendente" (Fuente Propia)

1.8 Proceso del “Enlace Ascendente” en CDMA

El “Enlace Ascendente” en CDMA es la comunicación en la dirección móvil-estación base. Esta comunicación transporta tráfico e información de control. El proceso de “Enlace Ascendente” se desarrolla en diferentes etapas. A continuación se explica cada una de estas etapas, en el orden en el cual se realizan, lo cual se ilustra en la Figura 8.

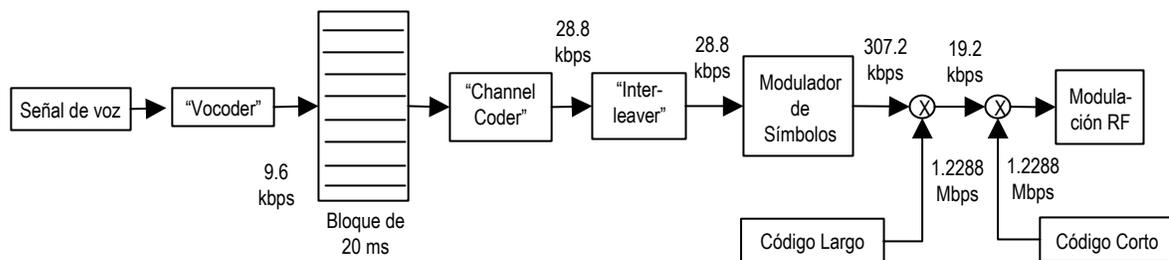


Figura 8, Proceso del “Enlace Ascendente” en CDMA (Fuente Propia)

1.8.1 “Vocoder”

El algoritmo usado para digitalizar (EVRC: Enhanced Variable Rate Coder) la voz en la estación móvil es el mismo utilizado en el “Enlace Descendente”. Cuando la estación móvil usa tasas de bits reducidas cada trama se envía una sola vez a potencia completa, en contraste con el “Enlace Descendente”, en el cual se repiten las tramas a potencia reducida. Adicionalmente, en aquellos sistemas donde se utiliza el segundo grupo de tasas (13 kbps), la estación móvil envía un bit que le indica a la estación base si la última trama recibida por el móvil pudo ser decodificada correctamente. Esta información es utilizada por la estación base para el control de potencia en el “Enlace Descendente”.

1.8.2 “Channel Coder”

En esta etapa se agregan bits de detección y corrección de errores a las tramas de data para así mejorar la probabilidad de que la estación base decodifique las tramas sin error.

1.8.3 “Bit Interleaving”

El proceso de “Bit Interleaving” tiene el mismo objetivo y se realiza de la misma manera que en el “Enlace Descendente”.

1.8.4 Modulación por Símbolos

La estación móvil no transmite directamente los bits de cada trama, sino que cada seis bits los sustituye por uno de los 64 códigos Walsh (cada uno de 64 bits) para así mejorar la probabilidad de que la estación base recupere los seis bits de una manera apropiada, ya que habiendo solamente 64 combinaciones ortogonales válidas entre 2^{64} combinaciones posibles, la probabilidad de error es muy pequeña.

1.8.5 Encriptación o Esparcimiento por Código Largo

Cada trama de tráfico puede ser encriptada usando el mismo algoritmo que en el “Enlace Descendente”. Si no se desea encriptar, la trama de tráfico se puede combinar con el número de serial electrónico de la estación móvil y el código largo, de manera que cada usuario tenga un código único en el “Enlace Ascendente” y la estación base lo pueda decodificar.

1.8.6 Esparcimiento de Cuadratura (Código Corto)

La trama codificada y encriptada es ahora combinada con las secuencias cortas de pseudo-ruido usadas en el “Enlace Descendente”.

1.8.7 Modulación de Cuadratura

Finalmente, la data se lleva a la frecuencia de RF asignada, usando técnicas de modulación de cuadratura, similares a las usadas en el “Enlace Descendente”.

1.8.8 Canales Lógicos CDMA

Tal como se explicó en los modos de operación, cada canal físico contiene múltiples canales lógicos, que son utilizados para transmitir información de control y tráfico entre la estación base y el móvil (y viceversa). Los canales de control son: Canal Piloto, Canal de Sincronía, Canales de “Paging” y Canal de Acceso.

1.8.9 Canal Piloto

Cada canal físico contiene un canal lógico llamado Canal Piloto, el cual es usado por las estaciones móviles para sincronizarse con el reloj de la estación base. Provee de una referencia de fase para una demodulación coherente así como un medio para comparación de nivel de potencia de la señal entre diferentes estaciones base, la cual es información imprescindible para el proceso de “handoff”. Es una simple señal de espectro esparcido que consiste sólo del código PN Corto que se transmite continuamente por cada estación base CDMA. Solo existe en el “Enlace Descendente”.

1.8.10 Canal de Sincronía

El canal físico también contiene un canal lógico llamado Canal de Sincronía, que es usado por las estaciones móviles para adquirir sincronía de tiempo inicial. La información de sincronía se transmite como una señal compleja de espectro esparcido que consiste de data codificada y modulada con el PN Corto y el código Walsh 32. Un Canal de Sincronía es necesario por lo menos en uno de los canales físicos CDMA para proveer a las estaciones móviles con la información básica de tiempo (Posición de la secuencia PN) cuando la estación móvil adquiere por primera vez esa sincronía de tiempo. El Canal de Sincronía no es necesario que esté presente en el resto de los canales físicos CDMA. Sólo existe en el “Enlace Descendente”.

1.8.11 Canal de “Paging”

Un canal físico puede contener de 0 a 7 Canales de “Paging” que se usan para enviar información de control a las estaciones móviles. El canal también es utilizado para enviar un mensaje de “page” o aviso a las estaciones móviles cuando deben recibir una llamada. La data de “paging” es enviada como una señal compleja que consiste de la data codificada esparcida por la secuencia PN corta y una de las secuencias Walsh de la 1 a la 7. Así como en los canales de sincronía, los canales de “paging” slo son necesarios en un canal físico CDMA (En una portadora) y no son necesarios en el resto de los canales físicos. La implementación de más de un canal de “paging” sólo es necesaria cuando el nivel de ocupación es muy alto. Sólo existe en el “Enlace Descendente”.

1.8.12 Canal de Acceso

El canal de acceso es utilizado por la estación móvil para enviar información de control a la estación base. La estación móvil utiliza el canal de acceso para establecer

una llamada y para responder a los mensajes de “page” enviados por la estación base a través de los canales de “paging”. Solo existe en el “Enlace Ascendente”.

1.8.13 Canal de Tráfico

Los canales de tráfico son utilizados para enviar data de usuario (voz o data) entre la estación base y el móvil, así como data de señalización. En los canales de tráfico también se envía la información de control de potencia (un bit cada 1.25 ms), que le permite a la estación base controlar el nivel de potencia de transmisión del móvil en pasos de ± 1 dB.

1.9 Asignación de Potencia

Dado que la potencia transmitida debe ajustarse para sobreponerse a la interferencia, la asignación de potencia de cada canal lógico en CDMA se establece como un porcentaje fijo de la potencia total disponible. A continuación se muestra la proporción de potencia que se le asigna a cada canal lógico.

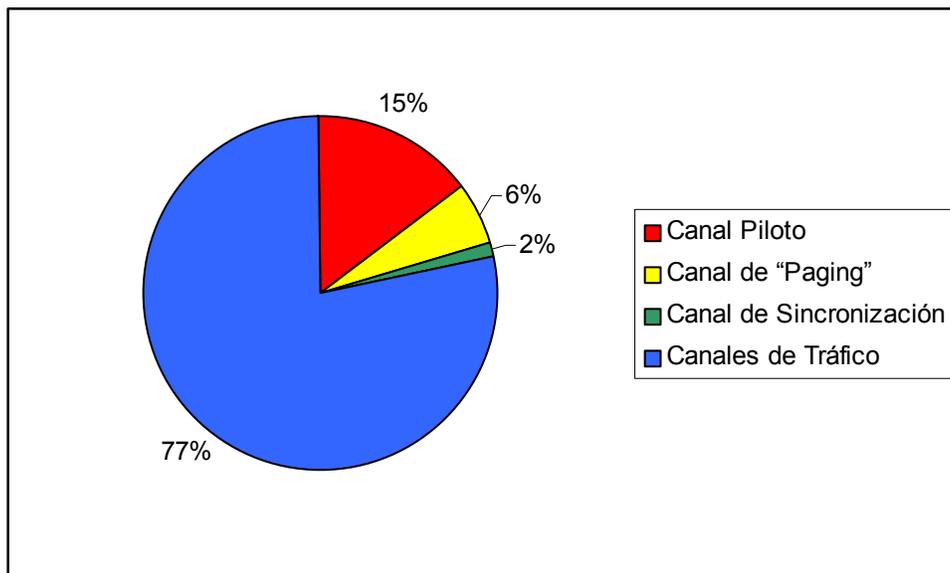


Figura 9, Asignación de potencia de los canales Lógicos (Fuente Propia)

La asignación de potencia de cada canal de tráfico es dinámica, pero la suma de la potencia de todos los canales de tráfico no puede exceder del 78% de la potencia total disponible.

1.10 CDMA Arquitectura

La Arquitectura para la implementación de una red CDMA básica está representada por un conjunto de elementos o partes como lo muestra la Figura 10.

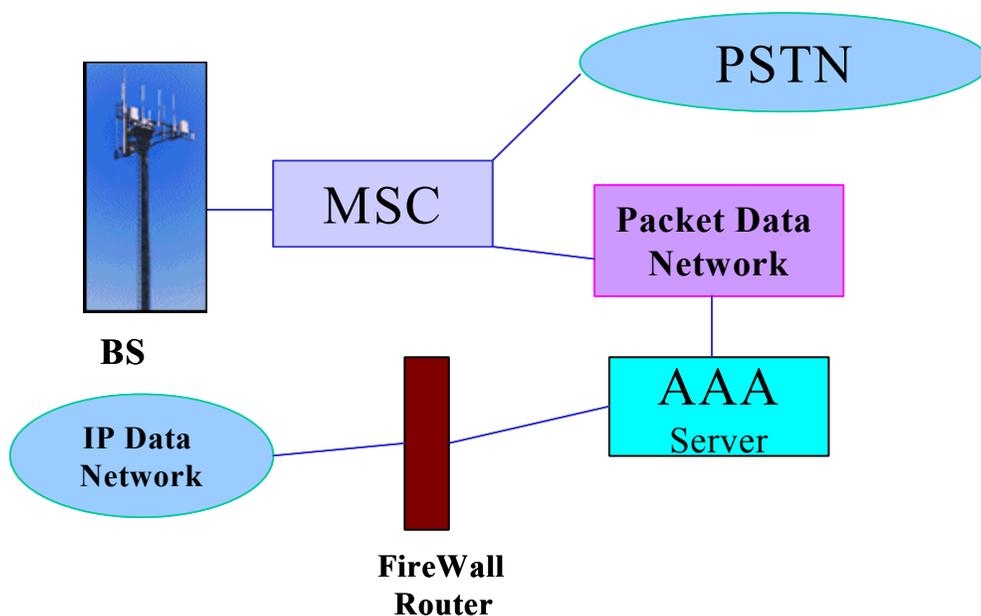


Figura 10, Componentes de una Red CDMA (Fuente Propia)

Componentes de una red CDMA:

Radio Base (BS: Station Base): Es la encargada de manejar la interfaz de aire con los móviles, y es manejada por el MSC, su comunicación con la central normalmente es hecha a través de enlaces E1/T1.

Radio Base (MSC: Mobile Switching Center): El MSC es la encargada de realizar funciones de conmutación, control y gestión de información.

PSTN: Es la red de telefonía Pública.

Red de Paquetes de Datos (Packet Data Network): Es un “Gateway” ubicado entre la MSC y la red de datos IP (IP Data Network). Que trabaja como un punto de admisión y control de datos.

1.11 Arquitectura de Protocolos de CDMA:

La estructura de capas de CDMA está conformados por una configuración que corresponde con la Figura 11, el cual provee protocolos y servicios propuestos por la ISO (nternacional Organization for Standarization) / y su modelo de referencia OSI (Open System Interconnection).

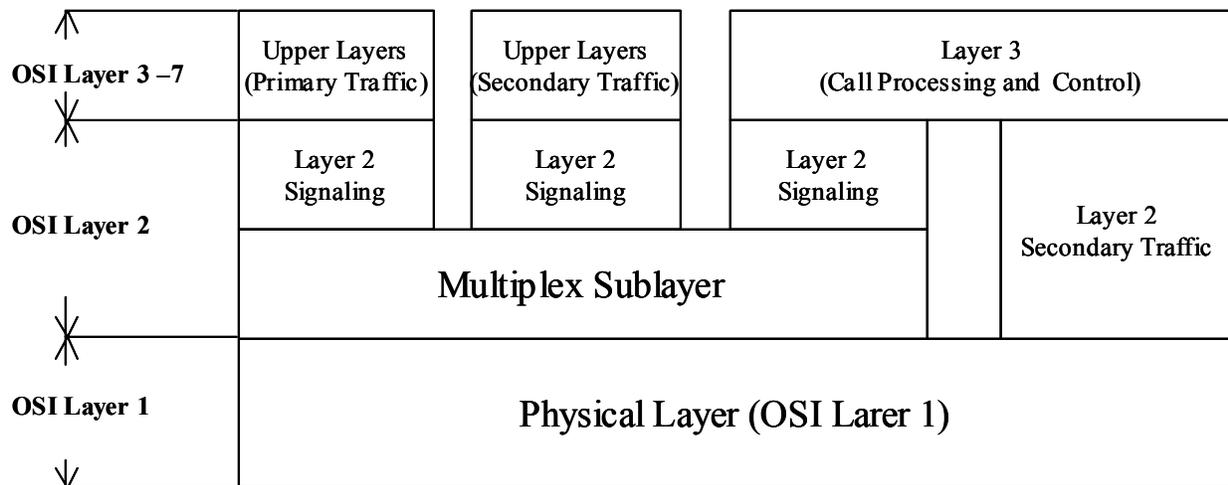


Figura 11, Estructura de Capas de CDMA. (V.K.Grag, 2000)

La capa física (physical Layer) realiza funciones de coding, interleaving, modulación y spreading para los canales físicos.

La capa de enlace (Link Layer) provee protocolos de soporte y mecanismos de control para transporte de servicios de datos y mapea los datos que necesita transportar desde las capas superiores hasta específicas características de la capa física.

La capa de enlace esta dividida en dos básicas subcapas LAC (Link Access Control) y MAC (Médium Access Control)

La Subcapa LAC realiza funciones de esenciales de activación mantenimiento, inicialización y lógica conexión de los enlaces.

La subcapa MAC provee un control de funciones que manejan las fuentes de información de la capa física y coordina el uso de estas fuentes de información con varios entidades de la LAC. Tambien es responsable de entregar y recibir información de QoS (Quality of Services) a la subcapa LAC.

Las capas superiores (Layer 3-7) proveen soporte para múltiples sesiones en paralelo con una combinación de tipos de servicios, tales como servicios de voz, acceso a PSTN, móvil a móvil, Internet, paquetes de datos, servicios de circuitos de datos, servicios de mensajes cortos (SMS), servicios de señalización, control y todos los aspectos de operación de las estaciones móviles.

2 CAPITULO II – TECNOLOGÍAS DE TERCERA GENERACION

2.1 Tecnologías de Tercera Generación

En la actualidad la tendencia a la migración a redes de tercera generación por parte de las operadoras celulares es un hecho generalizado, la competitividad comercial esta impulsando el desarrollo de estas nuevas tecnologías, así como la standardización de las mismas.

Este desarrollo tecnológico ha ido de la mano con la generación de estándares para la compatibilidad de los sistemas celulares de 3G.

2.2 Estándar IMT-2000

IMT-2000 es el nombre del nuevo sistema de comunicaciones telefónicas móviles cuyas principales características son la compatibilidad con sistemas de comunicación basados en redes fijas, un alto grado de compatibilidad y estandarización a nivel mundial, alta calidad de comunicaciones, terminales pequeños con capacidad de ser usados en todo el mundo a través del roaming y capacidad de ofrecer servicios multimedia a los usuarios móviles.

El responsable de establecer este estándar es la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La ITU generó una serie de recomendaciones que son el resultado de varias entidades que han colaborado dentro de ITU y fuera de su organización.

2.2.1 Espectro Radioeléctrico para IMT-2000

Entre las recomendaciones propuestas por IMT-2000 se encuentra la asignación del espectro radioeléctrico que después de muchas propuestas se llegó a las siguientes bandas:

<i>Componente</i>	806-960 MHz WRC 2000
<i>Terrenal:</i>	1710-1885 MHz WRC 2000
	1885-1980 MHz WARC 92
	2010-2025 MHz WARC 92
	2110 – 2200 MHz WARC 92
	2500-2690 MHz WRC 2000

<i>Componente</i>	1885 – 1980 MHz
<i>Satelital:</i>	2170 – 2200 MHz WARC 92
	2500-2520 MHz WRC 2000
	2670 –2690 MHz WRC 2000

<i>Componente</i>	1885 – 1980 MHz
<i>HAPS:</i>	2110 – 2160 MHz (Región 2)

2.2.2 Interfaz de Aire para IMT-2000

Uno de los elementos más importantes de IMT-2000 es la selección de la tecnología de transmisión de radio (RTT, Interfaz de Aire), parte del sistema que transporta una llamada entre la estación móvil y la terminación del usuario.

Las especificaciones técnicas de las RTT terrestres fueron aprobadas en la WRC-2000 y se definieron como:

Nombre ITU	Conocido como:	Organismo de estandarización
IMT-2000 CDMA Direct Spread (DS)	UMTS-FDD UMTS W-CDMA	3GPP
IMT-2000 CDMA Multi-Carrier (MC)	cdma 2000	3GPP2
IMT-2000 CDMA TDD	UMTS-TDD UMTS	3GPP
IMT-2000 TDMA Single-Carrier	UWC-136	UWCC
IMT-2000 FDMA/TDMA	DECT	ETSI

Figura 12, Especificaciones de Tercera generación definidas por IMT2000 (ITU IMT-2000 System)

- IMT-2000 CDMA Direct Spread (UTRA W-CDMA).
- IMT-2000 CDMA Multi-Carrier (CDMA2000).
- IMT-2000 CDMA TDD (UTRA TD-CDMA).
- IMT-2000 TDMA Single-Carrier (UWC-136).
- IMT-2000 FDMA/TDMA (DECT).

2.3 Tecnología CDMA 2000:

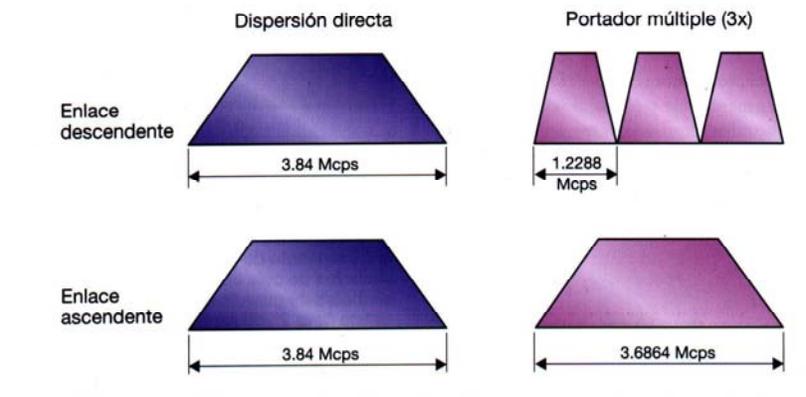
CDMA2000 es la solución de tercera generación basada en IS-95 y representa la evolución del existente estándar CDMA, CDMA2000 soporta los servicios de tercera generación planteados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) a través del estándar IMT-2000.

CDMA2000 es una solución para operaciones inalámbrica que quiere tomar ventaja en el mercado dinámico móvil y la internet, CDMA2000 es una interfaz de aire y es una solución para proveer los servicios que son demandados por los clientes hoy.

2.3.1 La Interfaz de Aire de CDMA2000

CDMA2000 usa una interfaz de aire que soporta tasas de chips de $N \times 1.2288$ Mcps, donde $N=1,3, 9, 12$. Para $N=1$ la dispersión del espectro es similar a IS-95B, sin embargo, a diferencia del IS-95B son utilizados la modulación QPSK y un rápido enlace cerrado de control de potencia. Existen dos opciones para tasas de chips para $N > 1$:

- Portadora Múltiple o “Multicarrier”.
- Dispersión Directa o “Direct spread”.



Superposición en espectro.

Figura 13, Espectro de CDMA200 para $N=3$ (V.K. Grag, 2000)

En la Figura 13 podemos observar el uso del espectro de CDMA2000 con una tasa de chip de $N=3$, ejemplificando la dispersión directa y la portadora múltiple.

El modo de dispersión directa consiste en portadoras CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y en el enlace descendente.

El modo de portador múltiple consiste en una portadora CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y numerosos portadores paralelos de banda estrecha CDMA en el enlace descendente.

2.3.2 Diversidad de Transmisión

Diversidad de transmisión de portadora múltiple. La diversidad de antena puede ser implementada en un enlace descendente de portadora múltiple sin impactar al suscriptor, donde un sub-conjunto de portadoras puede ser transmitido por cada antena. Las principales características del portador múltiple son:

Símbolos de información codificada son demultiplexados entre portadoras de 1.23 MHz.

Diversidad de frecuencia es equivalente a esparcir la señal sobre todo el ancho de banda.

Tanto la diversidad de tiempo y frecuencia son capturados por codificadores de convolución.

Cada enlace descendente puede ubicar un código de Walsh idéntico en todas las portadoras.

Rápido control de potencia.

Diversidad de transmisión de dispersión directa. Diversidad de transmisión ortogonal puede ser utilizada para proveer esta diversidad. Los bit codificados son separados en dos tramas de datos para ser transmitidos en antenas separadas. Un código ortogonal es utilizado por antena para la propagación.

2.3.3 Modulación Ortogonal

Para reducir o eliminar la interferencia entre las estaciones bases, cada enlace descendente es modulado por un código de “Walsh”. Para incrementar la cantidad de códigos que se puedan utilizar, la modulación QPSK es utilizada antes de la propagación en el espectro. Cada 2 bits de información es mapeada por un símbolo de QPSK y como resultado el número de códigos disponibles es incrementado por un factor de 2 relativo a los símbolos de BPSK (*prespreading*). La longitud de los códigos de “Walsh” varían con la finalidad de alcanzar diferentes tasas de bits. El enlace descendente puede ser limitadamente interferido o los códigos de “Walsh” pueden ser limitados dependiendo del desarrollo específico y el ambiente operativo. Cuando la limitación de los códigos de “Walsh” ocurre, pueden generarse códigos adicionales por funciones de máscara y los códigos generados son llamados funciones casi ortogonales.

2.3.4 Códigos de “Walsh” en CDMA 2000

Para CDMA2000 se requiere de tamaños de códigos de “Walsh” variables para los canales de tráfico. Los códigos de “Walsh” utilizados son de 128 chips a 4 chips. El canal fundamental del código de “Walsh” o el F-FCH es fijo (128 chips para RS3 y RS5, 64 chips para RS4 y RS6), donde la longitud de los códigos de “Walsh” para el F-SCH disminuye en función del incremento de la tasa con la finalidad de mantener en ancho de banda de la señal modulada constante.

La asignación de los códigos de Walsh deben ser coordinados para asegurar que la asignación de los códigos de mayor longitud no bloqueen los códigos más cortos.

El modo TDD (División de Tiempo Duplex) comparte así características TDMA y CDMA. A cada segmento se le asigna una dirección para tráfico de enlace ascendente o descendente. Sin embargo, la asignación de segmentos no está predefinida. Algo de flexibilidad es inherente en el modo TDD para acomodar servicios asimétricos. Por

ejemplo, si se espera la mayor parte del tráfico en el enlace descendente, entonces se puede asignar la mayor parte de los segmentos al enlace descendente.

2.3.5 Control de Potencia

Un nuevo y rápido algoritmo de control de potencia en el enlace descendente es implementados por los canales de F-FCH y F-SCH en CDMA2000. El estándar especifica un rápido lazo cerrado de control de potencia a 800Hz. Dos esquemas de control de potencia han sido propuestos:

Control de potencia de canal simple. Es basado en el desempeño del canal de tasa más alta entre el F-FCH y el F-FSCH.

Control de potencia independiente. En este caso, la ganancia del F-FCH y el F-SCH son determinadas separadamente. El móvil corre dos lazos de algoritmos separados y envía dos bits de error a la estación base.

2.3.6 Canales Lógicos en CDMA2000

Los canales lógicos en CDMA2000 están representados por canales del Enlace descendente y el Ascendente que son similares a los utilizado en CDMA 2G (CDMA de 2da Generación), con la diferencia que para CDMA2000 se suman un conjunto de nuevos canales. En el Anexo 1 se muestra la definición de los canales del enlace Ascendente y Descendente de CDMA2000.

2.3.7 Arquitectura CDMA2000.

En la figura 14, se muestra la configuración de la red CDMA2000 de una manera general donde se observa los diferentes componentes que interactúan.

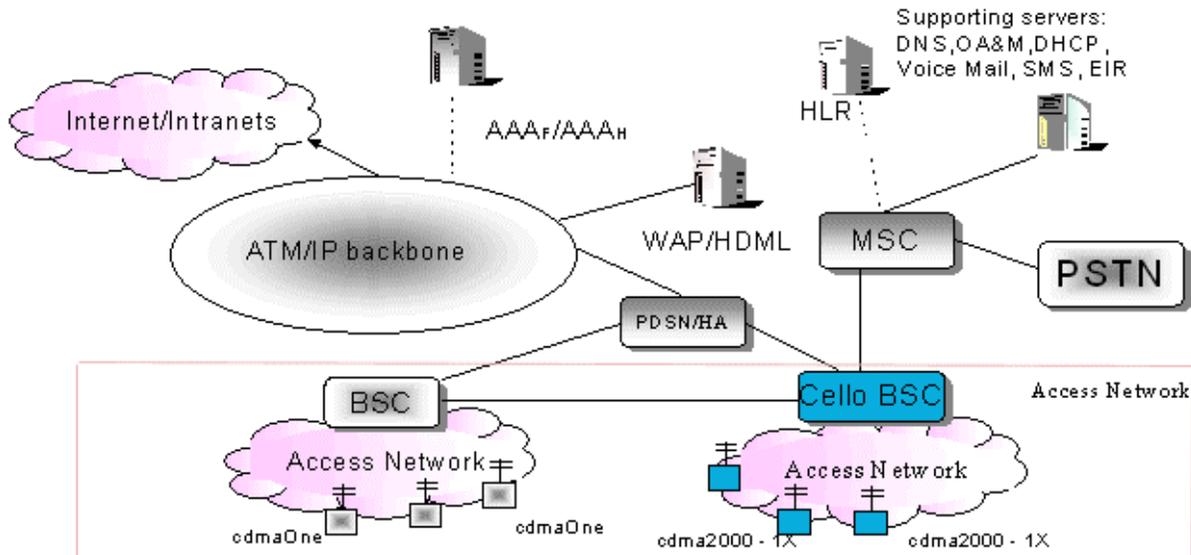


Figura 14, Arquitectura General de CDMA2000 (<http://www.ericsson.com/review>)

La configuración de la Figura 14, muestra los componentes básicos de una Red CDMA2000, donde se puede identificar inicialmente la central de conmutación (Mobile Switching Center: MSC), y la estación base (Base Station Cell: BSC).

El Nodo de Paquetes de Servicios de Datos (Packet Data Services Node: PDSN) que no son mas que “IP routers” que ofrecen conectividad con las redes de paquetes de datos.

“AAAs” (Authentication, Autorition and Accounting) Servicios son responsables de la autenticación de cada IP subcriptor, determina los autorizados servicios y guardan y controlan la cuenta de información para los registros de “Billing” y mediciones.

La Red de CDMA2000 mantiene la existente internase de aire CDMA hacía el “MSC” las cuales son utilizadas para propuestas de voz y 2G conexiones.

PSTN Es la red de telefonía Básica.

2.3.8 Arquitectura de Capas OSI en CDMA2000

La estructura OSI de CDMA2000, posee algunas diferencias fundamentales con IS-95, tomando una mayor participación en las capas superiores tratando de facilitar el uso de servicios de datos, en la Figura 15 se muestra un diagrama general de capas para CDMA2000.

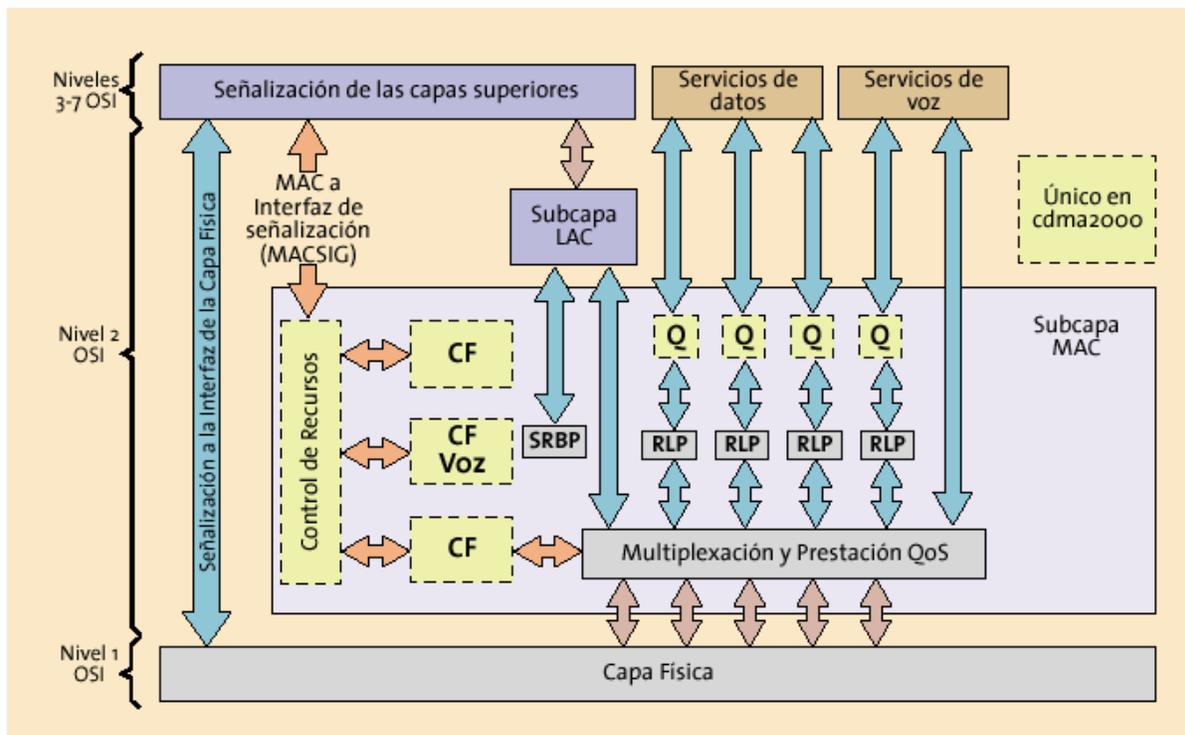


Figura 15, Arquitectura de Capas OSI de CDMA2000(www.lucent.com)

IP: "Internet Protocol".

LAC: "Link Access Control".

MAC: "Medium Access Control".

OSI: "Open System Interconnect".

PPP: "Point-to-Point Protocol".

QoS: "Quality of Services".

UDP: "User Data Protocol".

TCP: "Transmission Control Protocol".

RLP: "Radio Link Protocol".

2.3.8.1 Las Capas Superiores

Las capas superiores (Upper Layer) de CDMA2000 contienen tres servicios básicos que son:

Servicios de Voz: Incluye los servicios telefónicos de voz para conexión entre terminales móviles, la telefonía pública e Internet.

Servicios de Transporte de Datos: Permite la transmisión de los paquetes de datos y los servicios de conmutación de circuitos sobre distintos protocolos y servicios en distintos niveles del esquema OSI, tanto orientados como no orientados a conexión. Entre estos protocolos se encuentran IP, TCP, UDP, CLIP, etc.

Señalización: Servicios que controlan todos los aspectos de la operación de los terminales móviles.

2.3.8.2 Capa de Enlace

Por su parte, la capa de enlace (Link Layer que corresponde a la Capa 2 del modelo OSI) provee varios niveles de seguridad y calidad de servicio de acuerdo a las necesidades de los servicios específicos implementado en las capas superiores del modelo OSI. Esta capa establece los controles, funciones y servicios necesarios para permitir acoplar los tipos de transporte de datos indicados en las capas superiores con las características y capacidades de la capa física. Esta capa está dividida en dos niveles:

Control de enlace de Acceso (LAC): Este nivel controla los canales de comunicación punto a punto desde las capas superiores y provee la estructura de tramas y protocolos requeridos para la conexión y está a cargo de la señalización propia de la comunicación.

Control de Acceso Medio (MAC): Este nivel se encarga de tres importantes funciones.

Control de Acceso: Establece los procedimientos para controlar el acceso de los servicios de datos a la capa física.

Seguridad de Envío: Establece los mecanismos para la transmisión sobre el enlace de radio con el protocolo RLP para proveer el nivel más confiable transmisión posible.

Multiplexación y Calidad de Servicio (QoS): Mediante negociación del canal, permite asignar las prioridades de acceso requeridas para cada servicio según los niveles de QoS necesarios.

2.3.8.3 Capa Física

La capa física (correspondiente a la Capa 1 del modelo OSI) establece los mecanismos de conexión con los terminales móviles a través de la interfaz de aire.

2.4 Tecnología UMTS:

UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles), está incluido dentro de los estándares propuestos por IMT-2000. En los últimos años UMTS ha sido objetivo de intensos esfuerzos de investigación y desarrollo en todo el mundo, cuenta con el apoyo de numerosos e importantes fabricantes y operadores de telecomunicaciones y ya representa una oportunidad única de crear un mercado masivo de acceso a los servicios móviles.

UMTS es un estándar que busca proporcionar mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios más inmensa que la generada por las redes de 2G actual, adicionalmente UMTS esta pensada para basarse inicialmente en estas redes y luego extenderlas.

2.4.1 Arquitectura de UMTS:

La arquitectura del sistema UMTS está constituida por tres grandes bloques fundamentales que son:

- 1.- Red Troncal o Núcleo de Red (UMTS Core Network: CN).
- 2.- Red de Acceso de Radio (Radio Access Network: UTRAN).
- 3.- Terminales Móviles (User. Equipment: UE).

En la figura 16 se muestra los componentes de la arquitectura general de UMTS.

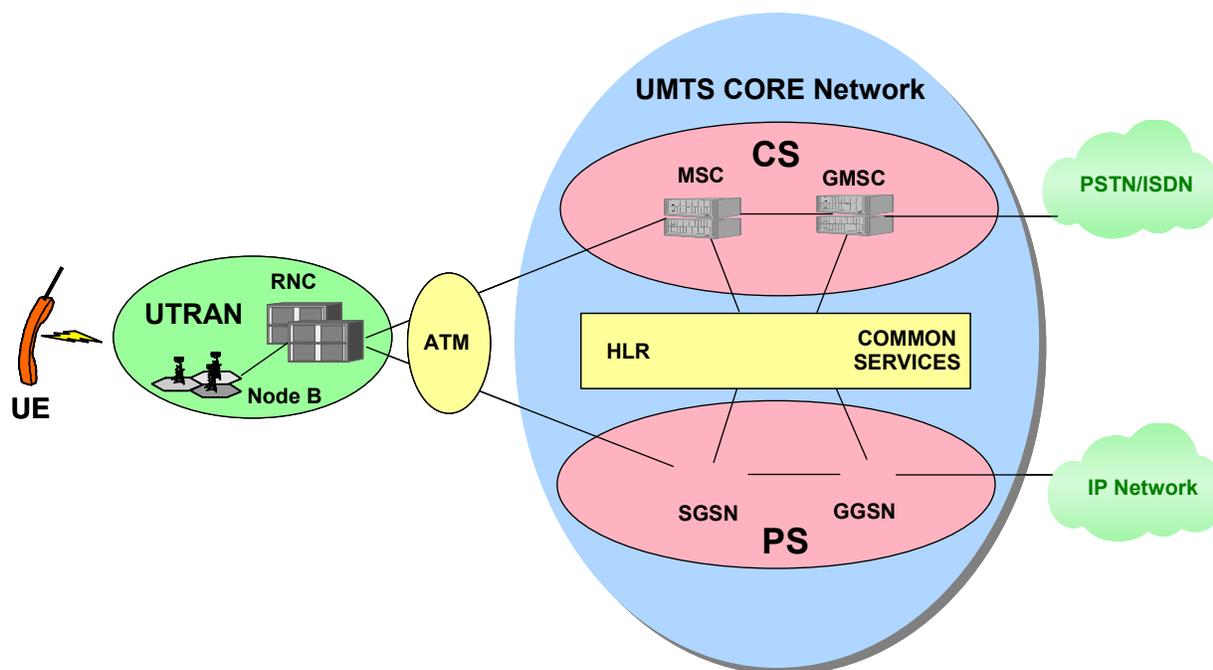


Figura 16, UMTS Arquitectura (www.umtsworld.com)

2.4.1.1 El Núcleo de Red (UMTS Core Network: CN)

EL Núcleo de Red realiza labores de transporte de información, tanto de tráfico como de señalización y contiene la inteligencia del sistema, (enrutamiento de llamadas, así como la lógica, control y gestión de movilidad y de prestación de Servicio) y la interconexión con otras redes de comunicación. EL CN esta dividido en dos dominios, uno de *Conmutación de Circuitos (Circuit Switch: CS)* y uno de *conmutación de Paquetes (Packet Switch: PS)*.

EL CN de UMTS es una evolución de la de GSM-GPRS, por lo que constan de los elementos iguales o equivalentes tales como:

HLR, (Home Location Register): realiza funciones de asignación y mantiene la información de los suscriptores. Es usado por el CS y el PS.

VLR (Visitor Location Register): Posee información del suscriptor y de su localización Completar.

AuC, EIR (Equipment Identity Register) y centros de SMS (Short Message Services)

2.3.1.2.1 Los Elemento de Dominio de Circuitos

U-MSC (UMTS Mobile Services Switching Center): Es la entidad principal para proveer servicios de conmutación de circuitos en el CN. Controla la conmutación de llamadas de circuitos y provee la correspondiente interfaz de señalización para otras redes.

U-GMSC (Gateway MSC). Provee interconexión entre el UMTS CN y las redes externas PSTN/ISDN.

2.3.1.2.2 Los Elementos de Dominio de Paquete

U-SGSN (Serving GPRS Support Node): Es el responsable de proveer servicios de paquetes al núcleo de Red.

U-GGSN (Gateway GPRS Support Node): Es el "Gateway" para servicios de paquetes de UMTS, para redes de paquetes de datos externas tales como internet. Se encarga de enrutar paquetes de datos desde el CN para redes externas como respuesta de las solicitudes del SGSN.

Los dos dominios están soportados por estructuras separadas y paralelas. La primera estructura transporta el tráfico de voz mientras que la segunda esta basada en tecnologías derivadas del mundo IP y transporta tráfico de datos.

2.3.1.2.3 La Principales Interfaz de UMTS

Interfaz Lub: Interfaz entre los Nodos B y el RNC que permite el transporte de tramas de radio desde el UE hasta el RNC.

Interfaz Iur: Es la interfaz .lógica entre dos RNCs.

Interfaz Iu: Es la interfaz entre el CN y el UTRAN,

Interfaz Uu: Es la interfaz que se encuentra entre el movil y el Nodo B.

2.4.1.2 La Red de Acceso de Radio (UTRA):

La Red de Acceso de Radio también conocida como UTRA, esta constituida por tres entidades principales el RNS, el Nodo B, y el RNC.

El UTRA: consiste de una serie de RNS (Radio Network Subsystem), el RNS es un termino Abstracto que define las entidades las cuales manejan las fuentes de transmisión y recepción para un grupo de celdas.

Cada RNS contiene un RNC y por lo menos un Nodo B, el cual controla múltiples UMTS celdas.

El RNC (Radio Network Control): se encarga del control de recursos de radio, Control de Admisión, asignación de canales, configuración de control de potencia, control de Handover, Macro Diversidad, Segmentación y Reensamble de paquetes, señalización y control de potencia a lazo abierto.

El Nodo B: se encarga de la Interfaz de Aire Transmisión y Recepción, modulación y demodulación, codificación de códigos de los canales físicos CDMA, micro diversidad, control de potencia de lazo cerrado.

WCDMA (Wide Band CDMA): fue seleccionada como la interfaz de aire de UTRAN, WCDMA utiliza dos modos de operación básicos, FDD (Frequency División Duplex) y TDD (Time División Duplex)

2.4.1.3 Equipo de Usuario (User Equipment).

El Equipo de Usuario de UMTS está constituido por el Terminal Móvil y por el USIM (Tarjeta de almacenamiento de identidad de usuario y que lleva a cabo el algoritmo de autenticación y encriptación)

2.4.2 Estructura Jerárquica:

UMTS ofrece un radio de cobertura Global y –“World-Wide Roaming”, la propuesta de UMTS esta constituida por niveles Jerárquicos de Cobertura, el mas alto nivel de cobertura esta cubierto por satélites en todo el planeta. Los siguientes niveles son llamados Macro, Micro y Pico Niveles y para cada caso existen celdas que corresponden a cada nivel de cobertura, por lo tanto las Macro celdas son utilizadas para grandes extensiones en entornos rurales de movilidad total, Micro Celdas para zonas de uno a tres KM en entornos Urbanos de Movilidad Limitada y las pico celdas para edificios o entornos estáticos.

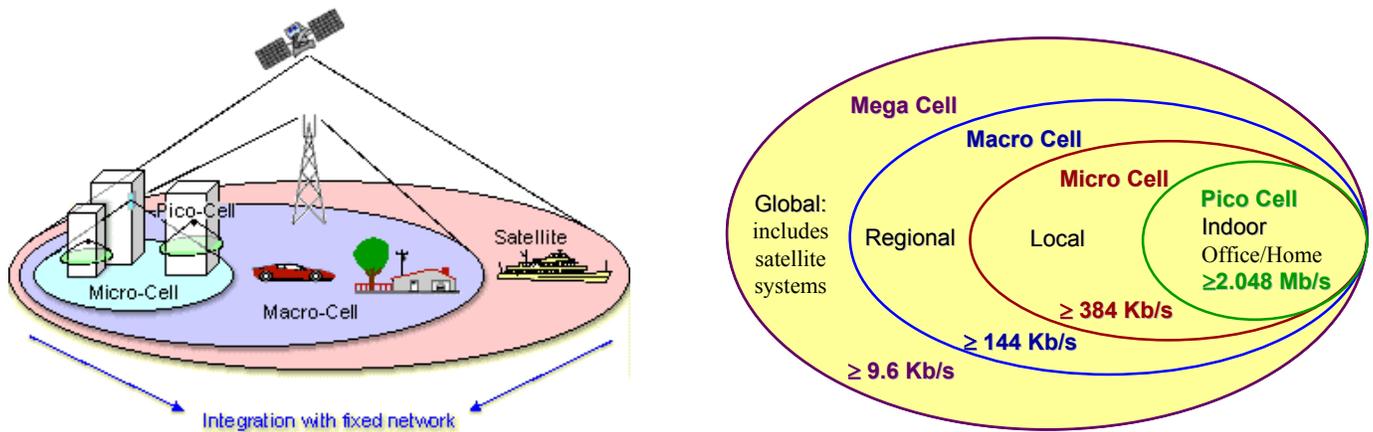


Figura 17, Jerarquía de Celdas UMTS. (www.umtsworld.com)

La máxima velocidad de transmisión y para la máxima movilidad de un usuario depende de cada nivel Jerárquico.

La Macro-celda: 144 kbit/s con una máxima movilidad de 500 km/h

La Micro Celda: 384 kbit/s con una máxima movilidad de 120 km/h La Pico Celda: 2 Mbit/s con una máxima movilidad de 10 km/h

En la Figura 18, se muestra una comparación de la relación de UMTS con otras tecnologías con respecto a la velocidad de transmisión de datos versus la movilidad de los usuarios.

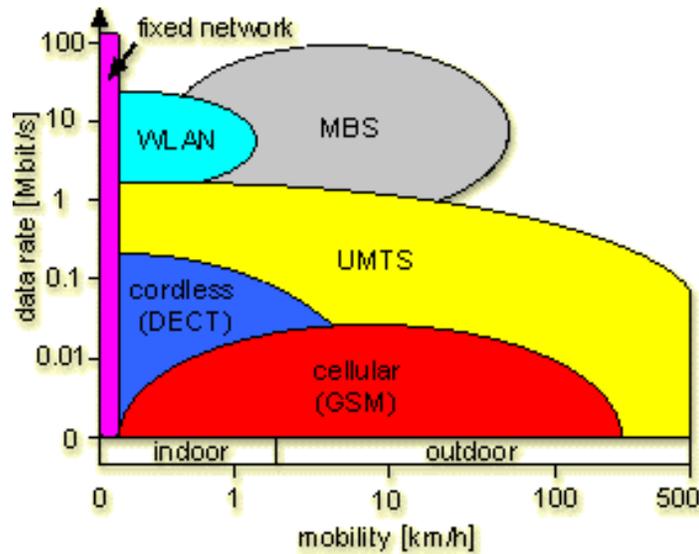


Figura 18, Data Rate vs. Mobility (www.umtsworld.com)

El Espectro de UMTS va desde 1900 MHz a 2025 MHz y desde 2110 MHz a 2200 MHz, para el servicio de satélite una subbanda es reservada Enlace Ascendente 1980 MHz a 2010 MHz, Enlace Descendente 2170 MHz a 2200 MHz, el espectro restante es dividido en dos modos de operación FDD (Frequency Division Duplex) para Enlace Ascendente 1920 MHz to 1980 MHz y para el Enlace Descendente (2110 MHz to 2170 MHz). En el Modo TDD (Time division duplex) el Enlace Ascendente y el Enlace Descendente nunca son divididos para usar diferentes portadoras de frecuencias, utiliza las bandas no apareadas 1900 MHz a 1920 MHz y 2010MHz a 2025 MHz.

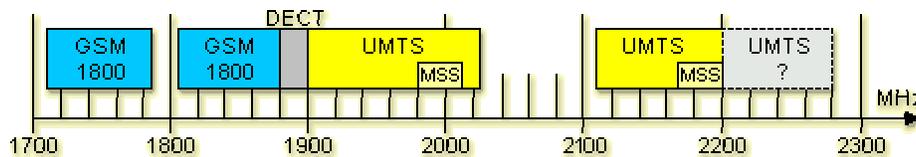


Figura 19, Espectro UMTS (Fuente Propio).

Spectrum for UMTS - 1920 MHz - 1980 MHz FDD Enlace Ascendente
2110 MHz - 2170 MHz FDD Enlace Descendente
1900 MHz - 1920 MHz TDD
2010 MHz - 2025 MHz
1980 MHz - 2010 MHz MSS (Servicio de Satélite Móvil) Enlace Ascendente
2170 MHz - 2200 MHz MSS Enlace Descendente

2.4.3 El Canal de Radio.

En UMTS se definen un conjunto de parámetros de la interfaz de aire que son: la frecuencia Portadora específica, un código de “scrambling”, un código de canalización, y un periodo de tiempo.

La Portadora está propuesta para un ancho de banda de 5 MHz, para una velocidad de chip de 3.84 Mcps y un tiempo de duración de una trama de 10 ms donde cada trama está dividida en 15 Time Slots que corresponden a 2560 Chips/Slot.

2.4.4 Modos de Operación de UTRA

UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) incluye dos modos de operación llamados UTRA-FDD y UTRA TDD y se considera que solo funcionando ambos a la vez se puede ofrecer a los operadores auténticas plataformas de tercera generación, capaces de soportar toda la gama de servicios móviles avanzados.

El Modo FDD (Frequency División Duplex), se utiliza en el enlace ascendente y el enlace descendente

A frecuencias diferentes separadas a 90 MHz, las portadoras tienen un ancho de banda de 5MHz, donde cada una está dividida en tramas de 10 ms y cada trama en 15 time Slots.

En el Modo FDD se añade la división por tiempo, se añade el Time Slot al código para diferenciar a un usuario de otro en un mismo canal.

El Modo TDD (Time División Duplex), donde el Enlace Ascendente y el Enlace Descendente utilizan la misma frecuencia pero se encuentran separados en el tiempo, la diferencia fundamental es que los slot de tiempo se pueden ser combinados para funcionar como Enlace Ascendente y Enlace Descendente, y por esta misma razón se puede variar la capacidad de estas portadoras. Según sea necesario.

El Modo TDD requiere de estrictos requerimientos de sincronización, y por esta razón para escenarios micro y pico celulares, el canal físico esta caracterizado por una frecuencia, un código, y un slot dentro de la estructura de trama que tiene una duración de 10ms y se subdivide en 15 slots.

La tasa de chips utilizada es de 3.84 Mcps, que corresponde con slots de 2560 0
23.00..333

2.5 Tecnología CDMA 2000 1xEV-DO (Evolución de Datos Optimizado).

El fenómeno del crecimiento de la tecnología de la información y la internet, y el deseo general de los servicios de información oportuna, crean la necesidad de una tecnología inalámbrica de Internet de alto performance llamada 1xEV-DO.

1xEV-DO es una tecnología de tercera generación inalámbrica de alto performance y costo efectivo, que ofrece alta velocidad y alta capacidad de tecnología de Internet inalámbrica compatible con redes CDMA y optimizada para servicios de paquetes de datos.

1xEV-DO fue establecida en 3GPP2, TSG-C en marzo del 2000. y fue creada para ser compatible con redes CDMA, de una evolución de IS-95 (estándar de CDMA) a IS-2000, es una mejora sobre el estándar anterior para utilizar sobre la red de voz existente.

Una de las premisas principales de 1xEV-DO, es tomar en cuenta que la voz y los datos tienen muy diferentes requerimientos y estos van a ser ineficientes si ambos servicios son combinados. Por esta razón el diseño de 1xEV-DO requiere una portadora separada de CDMA.

1xEV-DO utiliza la misma portadora de 1.228Mcps chip rate, el mismo link budget, la misma arquitectura de red, y el mismo diseño de RF.

En la mayoría de las aplicaciones se descargan altas cantidades de datos desde la infraestructura de red inalámbrica que son recibidas en el enlace descendente, por esta razón 1xEV-DO provee tasas de datos asimétricas en el enlace ascendente y descendente:

Tasa de datos máxima de 1xEV-DO :

Enlace descendente = 2,457 Mbps/sector

Enlace ascendentes = 153,6 Kbps/sector

2.5.1 Enlace descendente 1xEV-DO.

El diseño de 1xEV-DO emplea un enlace descendente compartido y puede servir a un usuario en un instante que al ser servido (un terminal de acceso) recibe máxima potencia de la radio base transmisora. El terminal de acceso calcula este C/I (user's channel condition) y dice al punto de acceso la tasa de datos más altas que puede recibir la información, lo cual permite al punto de acceso de transmisión operar a máxima potencia y transmitir datos a la mayor tasa de datos en cada solicitud de terminal de Acceso.

Hay beneficios adicionales al compartir el canal descendente. Los algoritmos programados permiten el beneficio de manejar múltiples usuarios y optimizar la transmisión de datos en el enlace descendente. Como más suscriptores accedan al sistema 1xEV-DO, el algoritmo permite en mejorar el flujo de tráfico para cada suscriptor.

Un máximo de 60 usuarios simultáneos en estado de conexión, activamente solicitando y recibiendo paquetes, pueden ser servidos por un sector de 1xEV-DO en cualquier momento, este numero representa usuarios conectados activamente (no en estado inactivo).

1xEV-DO soporta aplicaciones de alta y baja velocidad. En el caso de aplicaciones de alta velocidad, teniendo 10 usuarios activos por sector al mismo tiempo, asegura a los usuarios altos niveles de procesamiento.

El control de potencia de los 60 usuarios activos en un sector utiliza un bits de control de potencia ascendente (RPC reverse control Power) y cada terminal de acceso de control de potencia es asignado a un código de "Walsh" que es usado para cubrir cada usuario.

La arquitectura del modelo de referencia de 1xEV-DO se muestra en la figura 20, el modelo de referencia consiste en dos básicas unidades básicas funcionales:

El Terminal de Acceso: Un terminal de acceso es equivalente a una estación móvil.

Red de Acceso: Una red de acceso es equivalente a una estación base (Radio Base).

Sector: Es la parte de la red de acceso que provee los canales CDMA.

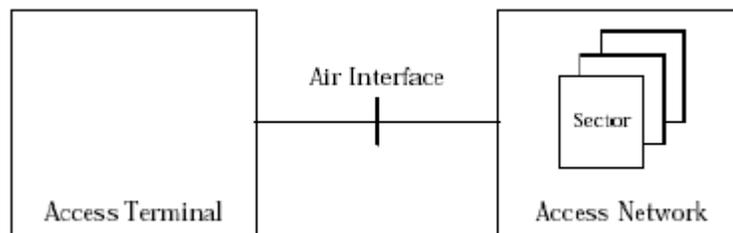


Figura 20, *Arquitectura del Modelo de Referencia 1xEV-DO (Amaury, Simulation Model)*

2.5.1.1 Estructura del Canal descendente.

El canal descendente de 1xEV-DO es una estructura que maximiza el rendimiento del procesamiento de los datos de cada sector, por lo tanto, el punto de acceso es siempre transmitido a potencia máxima sirviendo a un usuario a la vez.

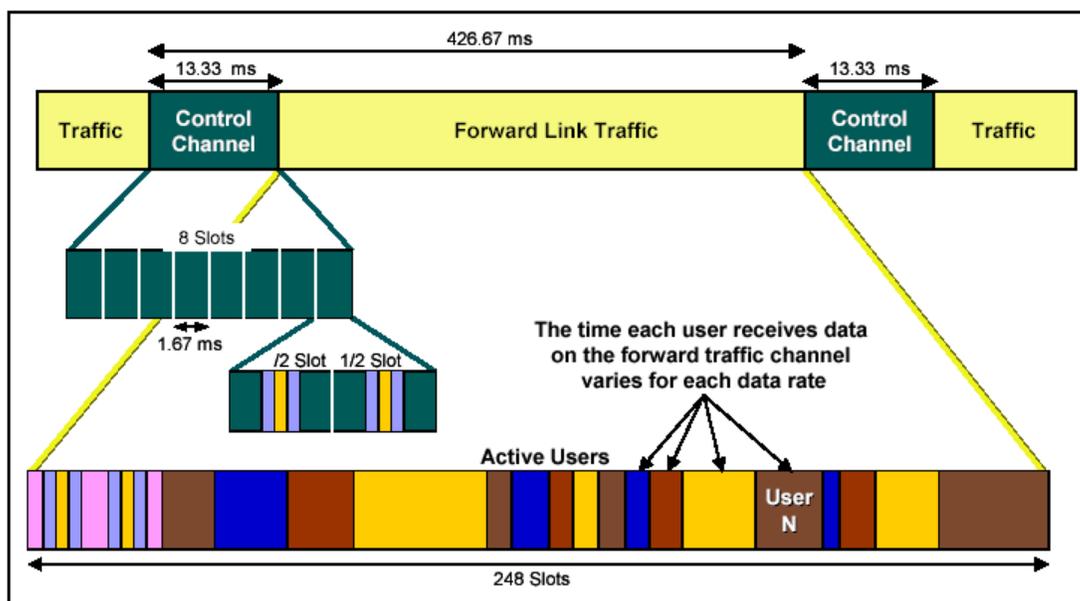


Figura 21, 1xEV-DO Estructura del Canal Descendente (Qualcomm, 1xEV)

El canal descendente 1xEV-DO consiste de los siguientes canales de multiplexación de tiempo: EL canal piloto, el canal de control de acceso medio descendente (MAC) y el canal de control.

El Canal descendente es definido en términos de tramas de Longitud 26,67 ms, alineado con el PN de cero offset. Dentro de una trama hay 16 slots, cada uno de longitud 2048 chips o 1,67 ms de duración. Cada trama es compuesta de dos medias tramas de 8 slots, cada slots es dividido dentro de dos medios slots y cada uno contiene un pilot Burst. Cada pilot Burst tiene una duración de 96 chips, dentro de cada slot, piloto, MAC, canal de trafico o canal de control están multiplexados en tiempo (TM). Todas los canales multiplexados en división de tiempo son transmitidos al máximo de potencia por sector.

El canal de MAC consiste de dos sub- canales: El control de potencia del canal ascendente (RPC Reverse Power Control) y el canal actividad ascendente. (RA Reverse Activity).

El canal de control es transmitido a una tasa de datos de 38.4 kbps o 76.8 kbps.

2.5.1.2 Algoritmo de Planificación (Scheduling Algorithm).

1xEV-DO es optimizado para servicios de paquetes de datos, en el cual todos los usuarios no demandan servicios iguales, algunas aplicaciones requieren alta tasa de datos, mientras que otras tienen bajos requerimientos de tasa de datos. El C/I (user's channel condition) es un factor primario en la determinación de la tasa de datos asignada a un usuario.

1xEV-DO utiliza un algoritmo de planificación el cual reside en la radio base y toma la tasa de datos solicitada por diferentes terminales de acceso. El algoritmo de planificación decide cual terminal de acceso es servido con la solicitud de tasa de datos en un instante de tiempo.

El algoritmo es cargado para servir a usuarios que mejoran su calidad de señal, antes que a usuarios con señal degradada. Ocasionalmente, los usuarios no son servidos por periodos de milisegundos cuando su condición C/I es baja.

2.5.2 Enlace Ascendente 1xEV-DO.

La estructura del canal ascendente de 1xEV-DO consiste de una capa física de paquetes de tamaño fijo (16 slot, 26.67 ms de duración). Cada slot es justo una unidad de tiempo, El canal ascendente es diferente a la capa física del canal descendente, el cual tiene modulación variable.

1xEV-DO utiliza Pilotos (Pilot aided) con modulación coherente en el enlace ascendente. Utiliza el mecanismo tradicional de control de potencia de IS95/1x y "soft handoffs" son soportados por el enlace ascendente. A terminal de acceso de 1xEV-DO puede transmitir a una tasa de 9,6 kbps hasta 153,6 kbps en el enlace ascendente.

Los canales del enlace ascendente son el canal de acceso y canal de trafico, el canal de acceso consiste de un canal piloto y un canal de datos, por otra parte el canal

de tráfico consiste de un canal piloto y un canal de control de acceso medio (MAC), un canal de “acknowledgement “(ACK), y un canal de datos.

El canal de acceso es utilizado por el terminal de acceso para iniciar una comunicación con la red de acceso o para responder a un mensaje directo al terminal de acceso. El canal de acceso consiste de un canal piloto y un canal de datos. Una prueba de acceso consiste de un preámbulo seguido por un paquete de datos del canal de acceso. Durante el preámbulo, únicamente el canal piloto es transmitido. Durante la transmisión de paquetes de datos del canal de acceso, ambos el canal piloto y el canal de datos son transmitidos.

El canal de tráfico del enlace ascendente es usado por terminal de acceso para transmitir específico tráfico de los usuarios, o información de señalización para la red de acceso. El canal de tráfico consiste de un canal piloto, un canal MAC, un canal ACK, y un canal de datos. El canal ACK es usado por el terminal de acceso para informar a la red de acceso si el paquete de datos transmitida en el canal de tráfico del enlace descendente ha sido recibido correctamente o no.

La capacidad total del canal ascendente es de 200 kbps/ sector (2.2 veces mas que IS-95A). Este incremento de capacidad es alcanzado tomando por la mejora del turbo coding, ganando diversidad de la longitud del tamaño del paquete (26,67) y el canal piloto.

2.5.2.1 Estructura del enlace Ascendente:

El enlace ascendente provee un indicador de tasa ascendente (RRI Reverse rate indicador), el cual adiciona el punto de acceso para la determinación de la velocidad a la cual el enlace ascendente esta enviando los datos. El RRI es incluido como el preámbulo para la trama del enlace ascendente, indicando la velocidad en la cual la data fue enviada.

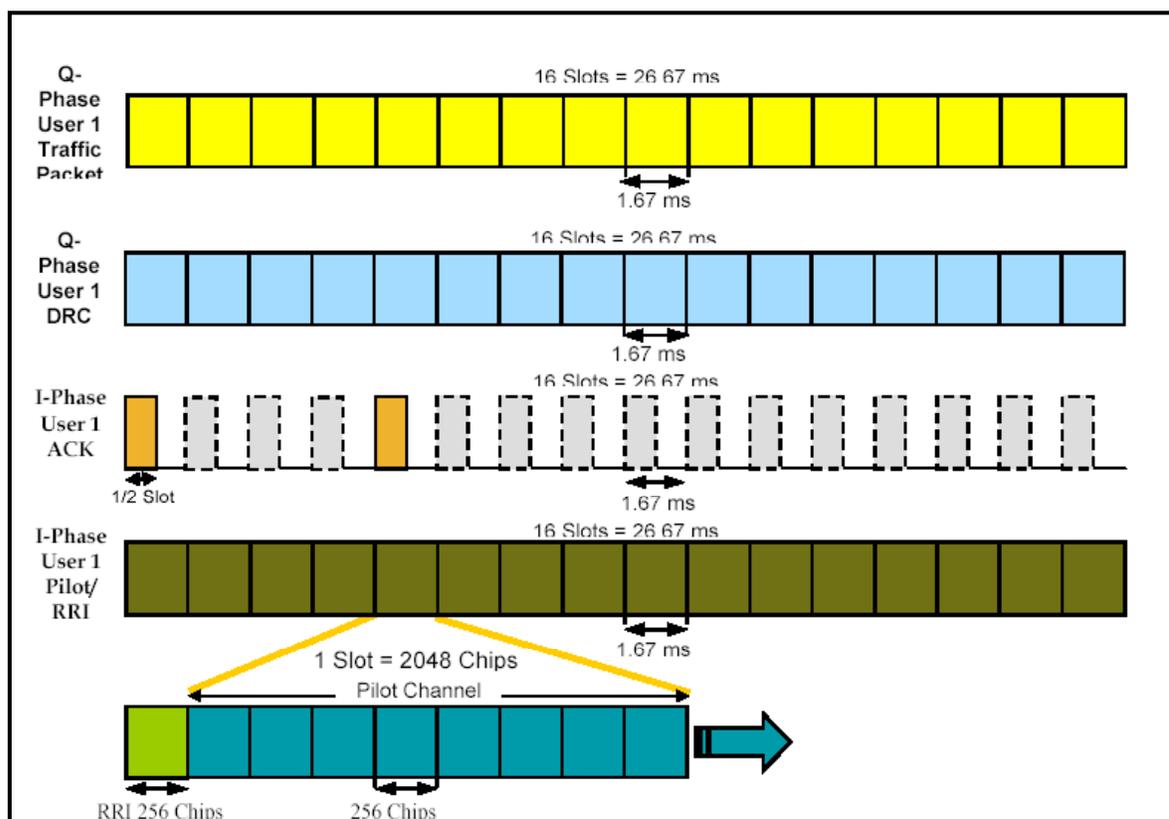


Figura 22, 1xEV-DO Estructura del Canal Ascendente (Qualcomm, 1xEV)

2.5.3 Señalización de 1xEV-DO:

La arquitectura de 1xEV-DO posee un diseño modular que permite actualizaciones parciales de protocolo, software y negociación de protocolos independientes.

Las capas de Protocolo utilizadas por 1xEV-DO:

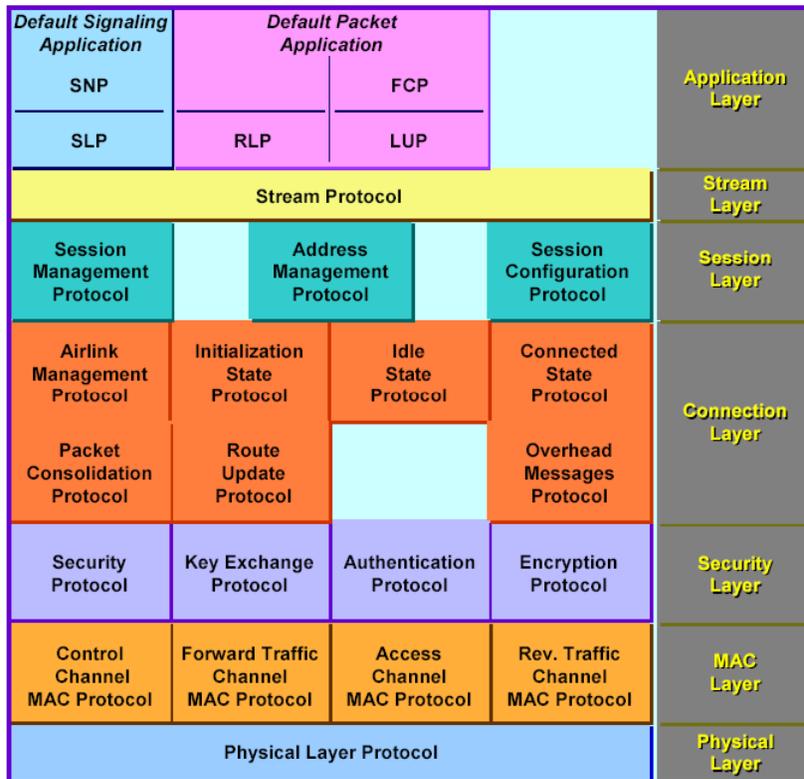


Figura 23, 1xEV-DO Estructura del Canal Ascendente (Qualcomm, 1xEV)

2.5.3.1 Capa Física:

Esta capa esta representada por las secciones: 2.6.1 y 2.6.2.

2.5.3.2 Capa MAC

La capa de control de acceso medio (capa MAC) define los procedimientos usados para recibir y transmitir sobre la capa física.

La capa MAC es componente clave para la optimización y eficiencia de la interfaz de aire y permite el acceso a la red. Este es un compromiso de cuatro protocolos y cada uno de ellos juega una parte en la transmisión de datos y en la información del sistema de la interfaz de aire.

Protocolos de la capa MAC:

Canal de Control de Protocolo MAC: Governa la transmisión hacia la red de acceso y la correspondiente recepción de información del terminal de acceso en el canal de control.

Canal de Acceso de Protocolo MAC: Especifica la reglas para enviar mensajes en el canal de- acceso por el terminal de acceso

Canal de Trafico Descendente de Protocolo MAC: habilita al sistema para enviar paquetes de datos de usuarios con eficiencia optima, utilizando tasa de transmisión variables y fijas.

Canal de Trafico Ascendente de Protocolo MAC: Este protocolo transporta la información enviada por el terminal de acceso para habilitar a la red de acceso en la adquisición del canal de trafico ascendente y la selección de la tasa de transmisión del canal de trafico ascendente.

2.5.3.3 Capa de Seguridad

La capa de seguridad asegura la seguridad de conexión entre el terminal de acceso y la red de acceso. Esta utiliza Diffie-Helman Key intercambio para asegurar que un dispositivo provisto sea autenticado en la red de acceso,

La capa de seguridad provee las siguientes funciones:

Intercambio de Llave: Provee los procedimientos seguidos por la red de acceso y el terminal de acceso para intercambiar llaves de seguridad para autenticación y encriptación.

Autenticación: Provee los procedimientos seguidos por la red de acceso y el terminal de acceso para la autenticación del trafico.

Encriptación: Provee los procedimientos seguidos por la red de acceso y el terminal de acceso par encriptar el trafico.

2.5.3.4 Capa de Conexión:

La capa de conexión es compuesta por un grupo de protocolos que son optimizados para paquetes de datos los cuales son combinados manejan eficientemente la interfaz de aire 1xEV-DO y prioriza cada canal de tráfico de usuario.

Protocolos de la capa de conexión:

Protocolo de manejo de Internase de aire: Este protocolo activa uno de los siguientes tres estados basados en el terminal de acceso estado:

- *Protocolo de estado de iniciación:* (El terminal de acceso tienen todavía que acceder a la red), realiza las acciones asociadas con la adquisición de una red 1xEV-DO, incluyendo la determinación de la red, adquisición del piloto y la sincronización del sistema.
- *Protocolo de estado desocupado:* (El terminal de acceso ha adquirido la red, pero este no ha enviado o recibido data) monitorea la localización del terminal, provee procedimientos para el inicio de una conexión y apoya al terminal de acceso en la conservación de la potencia.
- *Protocolo de estado conectado:* (El terminal de acceso tiene una conexión con la red) este protocolo realiza las acciones de manejo de radio enlace entre el terminal de acceso y la red de acceso.

Protocolo de actualización de Ruta: Juega una parte fundamental en la completación del soft y softer handoffs. El terminal de acceso reporta constantemente para la red de acceso, cual punto de acceso y sector esta usando, esta información es utilizada por la red de acceso para mantener una estable y buena calidad del radio enlace cuando el terminal de acceso se mueve.

Protocolo de mensajes de cabecera: Es utilizado para múltiples protocolos, este distribuye parámetros esenciales pertinentes a la operación de otros protocolos sobre el

canal de control. también especifica las reglas para la supervisión de estos mensajes sobre el canal de control.

Protocolo de consolidación de paquetes: Es un elemento clave para proveer efectiva calidad de servicios para los usuarios. Y este es responsable de la consolidación de paquetes y la apropiada priorización, de acuerdo a su asignada calidad de servicio.

2.5.3.5 Capa de sesión:

El protocolo de capa de sesión provee un sistema de soporte para las capas bajas.

Protocolos de la capa de sesión: Provee medios para controlar la activación de ordenes de otros protocolos de la capa de sesión. En adición, este protocolo asegura que la sesión este todavía valida y maneje el cierre de la sesión, resultando en un eficiente uso del espectro.

Protocolo de manejo de direcciones: Este protocolo especifica el procedimiento para la inicial UATI asignación y mantiene las direcciones del terminal de acceso.

Protocolo de configuración de sesión: Este protocolo provee el medio para negociar y proveer los protocolos usados durante la sesión, y negocia los parámetros de configuración para estos protocolos.

2.5.3.6 Capa de “Stream”:

La capa de “Stream” etiqueta toda la información que es transmitida sobre la interfaz de aire. Este incluye el trafico de usuarios así como señalización de trafico.

2.5.3.7 Capa de Aplicación:

La capa de aplicación asegura la confiabilidad de la interfaz de aire. El principio de esta capa es lograr que el protocolos de 1xEV-DO incrementen el nivel de robustez.

Protocolos de Aplicación de Señalización proveen el mejor esfuerzo y confiable transmisión de los mensajes de señalización y esta compuesto por dos sub protocolos:

- *Protocolos de Red de Señalización (SNP)*: Este protocolo provee un servicio de transmisión de mensaje para los mensajes de señalización. Estos mensajes son inicializados por otros protocolos, e indican los apropiados mensajes a ser transmitidos para una específica función.
- *Protocolo de Enlace de Señalización (SLP)*: Este protocolo es el transporte para el mensaje SNP y provee un mecanismo de fragmentación para mensajes de señalización.

Protocolo de Aplicación de Paquetes: Este protocolo provee confiabilidad y eficiencia de entrega de los datos de usuario a una tasa más baja de errores de paquetes. Este protocolo es comprimido en tres sub protocolos:

- *Protocolo de Radio Enlace (RLP)*: Las aplicaciones de Datos no son sensibles a los retardos como las aplicaciones de voz, por lo tanto el sistema de internet inalámbrico provee varios mecanismos para detección de errores en la data de transmisión.
- EL RLP protocolo usa un esquema de base, que reduce la cantidad de señalización. Adicional al 1xEV-DO RLP provee una mejor eficiente mecanismo de retransmisión.
- *Protocolo de actualización de localización*: Este protocolo es usado para proveer gerencia de movimiento, la cual permite a la red de acceso conocer la localización del terminal de acceso en un instante.

3 CAPITULO 3. Tercera Generación en Venezuela

En Venezuela dos Operadoras Celulares (Movilnet y Movistar) utilizan la tecnología CDMA como principal componente de sus redes, las cuales están implementadas en todo el país con el estándar CDMA 1x.

Las Operadoras que utilizan CDMA en Venezuela, están en proceso de implementación inicial de 1xEV-DO, que representa un nuevo servicio inalámbrico de datos, y que permite prestar un servicio de alto nivel de transmisión de datos hasta 2,457Mb.

3.1. CDMA en Venezuela:

La tecnología CDMA fue implementada en Venezuela con el objetivo de lograr mayores niveles de capacidad de tráfico, dejando atrás la implementación de las tecnologías anteriores como AMPS y TDMA.

Las redes CDMA en Venezuela fueron implementadas inicialmente con el estándar IS-95A a nivel nacional, proporcionando a los operadores celulares la disponibilidad de mayor capacidad de tráfico de voz en el mismo espectro que utilizaban con las tecnologías de primera generación (AMPS y TDMA), posteriormente las necesidades de soportar nuevos servicios impulsaron la implementación de una mejora llamada CDMA1x (Llamada 2,5 Generación) que representaba una actualización o paso transitorio hacia la tercera generación, CDMA1x representa un aumento de la tasa de transmisión de 9,6Kbps a conexiones de datos hasta 153,6Kbps.

La llegada de CDMA1x a las redes celulares permitieron disponer de servicios de datos con requerimientos de baja y media velocidad, que no podían ser utilizados con IS-95A, tales como el envío de fotografías, videos de baja resolución, y conexiones a internet para realizar descarga de datos a velocidades medias. .

Los operadores celulares en Venezuela que han implementado CDMA1x han observado los beneficios de ofrecer servicios con tasas de transmisión baja y media (hasta 144Kbps), este hecho los ha impulsado a seguir buscando mejoras en sus redes, que permitan proporcionar mayores velocidades de transmisión, y la posibilidad de ofrecer nuevos servicios de valor agregado a los clientes.

Para ofrecer servicios de mayor ancho de banda y satisfacer los requerimientos de los clientes con aplicaciones superiores, las operadoras de CDMA tomaron la decisión de implementar la tecnología 1xEV-DO, esta tecnología permite utilizar una portadora (1,28 MHz) diferente a la de voz de CDMA1x, y ofrecer servicios de datos con posibilidad de descargar datos hasta 2,5Mbps.

Las dos operadoras de CDMA han instalado equipos 1xEV-DO en celdas en las principales ciudades de Venezuela, para ofrecer servicios a clientes VIP y explorar los servicios de valor agregado que se podrían ofrecer.

Las redes CDMA implementadas en Venezuela están soportadas por equipos del Proveedor Lucent Technologies, quien ha proporcionado celdas y centrales telefónicas con tecnología de punta.

3.2. Configuración de 1xEV-DO en Venezuela.

La implementación de 1xEV-DO en Venezuela se ha realizado sobre los sistemas CDMA1x existentes, sobre la arquitectura de estaciones bases actuales, realizando crecimientos para una portadora adicional de 1,28MHz.

El sistema 1xEV-DO utiliza la misma infraestructura de las estaciones base (Cell) CDMA1x, esto significa que a nivel general, la señal 1xEV-DO se transmite por el mismo path de transmisión, y solo requiere de tarjetas para manejar la portadora de datos y los paquetes de datos IP hacia la red de transmisión.

Las estaciones base se conectan a través de enlaces (E1, T1) a un concentrador de enlaces (MUX), que recolecta los enlaces de un grupo de celdas.

El concentrador toma los enlaces de las de estaciones base y los integra a un grupo de STM1s que se conectan hacia un conjunto de Routers y a su vez conecta con un equipo RNC (Radio Network Controller).

EL RNC es el equipo de control de la red 1xEV-DO y es el centro de conmutación de paquetes que comprime una red privada interna, con su apropiada subred, la cual realiza funciones de control de paquetes, interfaz con el PDSN, control de llamadas, configuración, handoff, y comunicación con la radio base.

EL RNC es el cerebro del sistema 1xEV-DO, él contiene una interfaz para controlar y monitorear el estado de las celdas con 1xEV-DO.

El RNC se conecta a un Router que se conecta con redes externas como la internet.

El PDSN (nodo de servicios de paquetes de datos) que es responsable de enrutar los paquetes para red externa (Internet). Y es conectado al RNC a través de un Router.

La Figura 24 muestra un esquema de la arquitectura del sistema 1xEV-DO implementada en Venezuela, identificando la interconexión de los componentes utilizados.

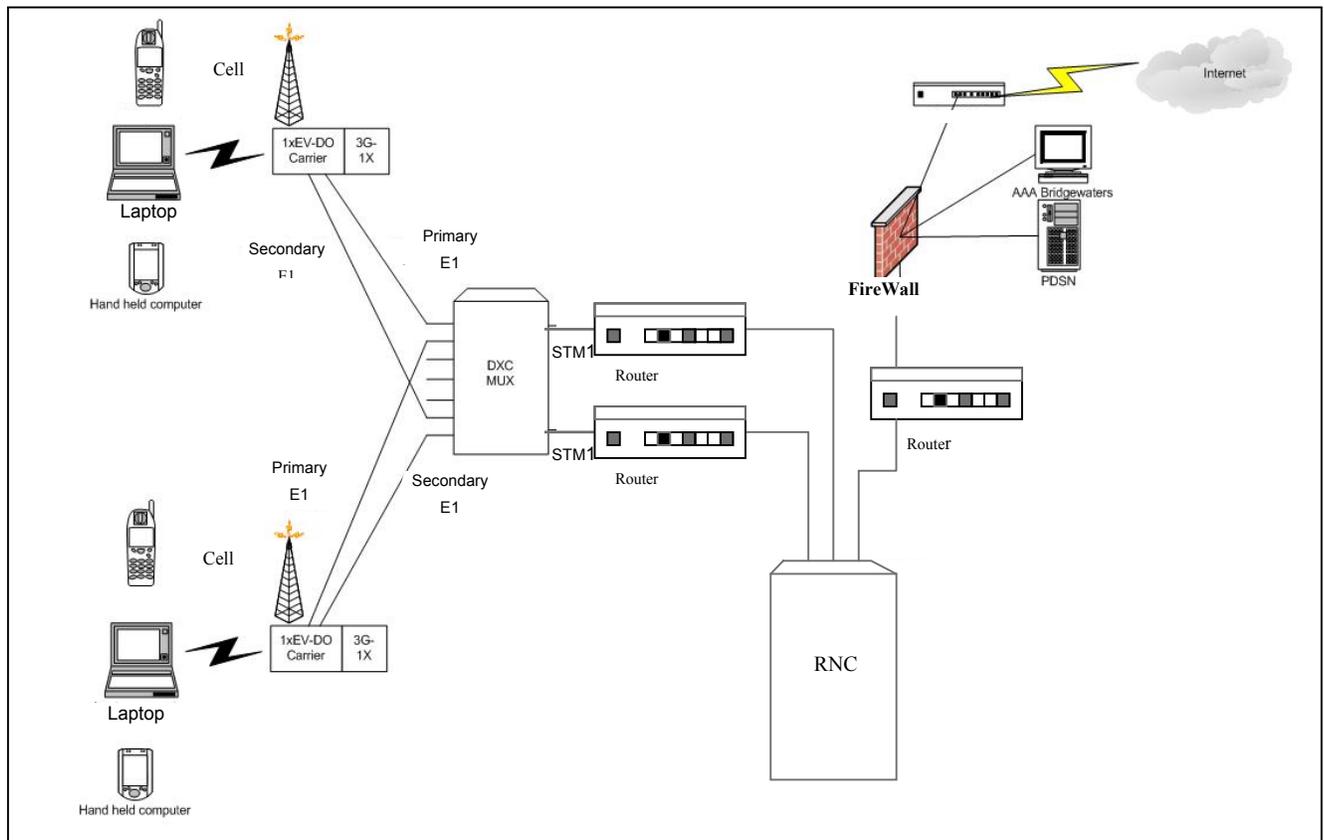


Figura 24, Arquitectura 1xEV-DO, (Fuente Propio)

3.3 Pruebas de Campo de 1xEV-DO.

En la actualidad existen dos operadoras celulares en Venezuela que poseen redes CDMA1x y que están introduciendo la tecnología 1xEV-DO al mercado local.

Con el objetivo de mostrar algunas diferencias de la tecnología 1xEV-DO con la tecnología CDMA1x, se realizó un ejercicio práctico, realizando mediciones de campo, de la señal 1xEV-DO, y observando las velocidades de transmisión.

Las pruebas de campo se realizaron en la ciudad de Caracas, estas mediciones son llamadas “drive test” (Prueba de Manejo de Cobertura), ya que se utiliza un vehículo y un equipo de medición para realizar un recorrido predeterminado para tomar muestras de una secuencia de puntos de la señal de radio frecuencia y de los datos de la conexión celular.

Se realizaron pruebas de campo con un software de medición especializado para realizar pruebas de “drive test” (Prueba de Manejo de Cobertura), marca Qualcomm, modelo “CAIT” (CDMA AIR Interfaces Tester), que permite realizar pruebas de cobertura utilizando un terminal de acceso, una laptop con el software “CAIT”, un vehículo para recorrer la zona en estudio y una antena de GPS externa al vehículo para que el software registre la ubicación en cada punto de medición.

El CAIT es una aplicación de software sobre Windows que se utiliza como herramienta para la recolección de data y que ayuda a optimizar el performance de las redes CDMA.

El recorrido de prueba fue realizado con un terminal de acceso, el cual mantenía una llamada de datos hacía un servidor FTP.

Para realizar una medición real de la velocidad de descarga de datos desde el RNC hacia los terminales de acceso, se instaló un servidor FTP con una rutina de descargas continuas de datos, este servidor se conectó directamente al RNC para aislar posibles retardos de los sistemas externos como la Internet.

Para realizar mediciones en campo el terminal de acceso realiza una llamada hacia el servidor FTP, solicita descarga de datos a la dirección IP del servidor FTP y la rutina de descargas continuas de datos en el servidor FTP permite que el terminal de acceso reciba datos continuamente a la máxima velocidad de descarga que el enlace 1xEV-DO permita en cada punto.

La prueba de conexión de datos permite probar la velocidad de descarga del terminal de acceso en cada punto, así como del sistema 1xEV-DO.

EL servicio de transmisión de datos de 1xEV-DO permite realizar conexiones de hasta 2,457Mbps, este servicio inalámbrico facilita que los usuarios puedan disfrutar de las conexiones de datos en zonas donde las estaciones bases ofrecen cobertura.

La velocidad de conexión depende directamente de la calidad de señal que posea el terminal de acceso, este requerimiento está relacionado con la cobertura de la estación base (red de acceso).

a.-Relación Señal a Ruido:

Para realizar la prueba de campo se selecciono una zona con 6 estaciones bases (redes de acceso) con cobertura 1xEV-DO en todos sus sectores.

El “drive test” se realizo en una ruta predeterminada que permite observar las mediciones en toda la zona de cobertura de las 6 celdas.

En la figura 25 se muestra el resultado de una de las mediciones realizadas que corresponde a la relación señal a ruido (E_c/I_o) del terminal de acceso durante el recorrido del “drive test” para el mejor de los pilotos activos.

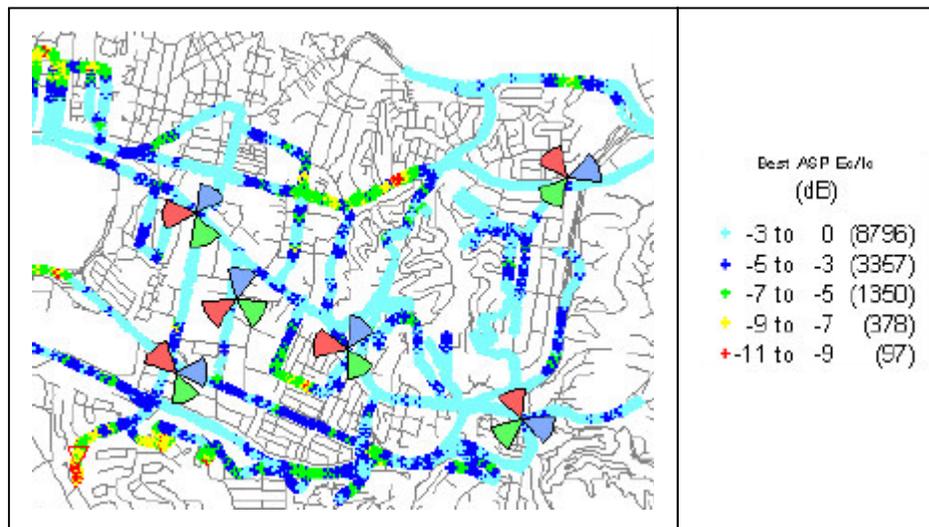


Figura 25, 1xEV-DO E_c/I_o Terminal de Acceso.

La relación señal a ruido es un factor muy importante para la interfaz de aire de los sistemas CDMA, este termino mide la cantidad de energía de canal piloto con respecto al ruido presente en el espectro (interferencia de otros usuarios).

La relación señal a ruido E_c/I_o en CDMA1x y en 1xEV-DO representa el factor fundamental de medición de la calidad del servicio de interconexión de las llamadas de voz y de datos.

En la figura 25 se muestra el resultado de la relación señal a ruido durante el recorrido del “drive test”, se representa un conjunto de rangos de E_c/I_0 , y la cantidad de puntos de medición dentro de cada rango.

Una llamada CDMA con una relación señal a ruido superior a -7dBm proporciona un servicio de muy buena calidad de voz y de transmisión de datos.

En la figura 25 las mediciones mostradas indican que el 96,6 % (13,503 / 13,978) de los puntos se pueden completar llamadas con excelente calidad, este resultado nos indica que para el servicio 1xEV-DO se tienen una muy buena cobertura que permite utilizar con buena eficiencia el servicio EV-DO.

b.- “Packet Error Rate” en el canal Descendente:

Uno de los factores que se utilizan para evaluar la calidad del servicio de las llamadas de datos es el “Packet Error Rate”, cuando la interferencia se incrementa debido a las llamadas en las estaciones bases vecinas o en la misma estación base, la tasa de error (PER) aumenta reduciendo la calidad de la comunicación.

El PER es un termino que es medido como un porcentaje de la cantidad de errores de los paquetes recibidos por el terminal de acceso y la estación base, existen dos medidas del PER, uno para canal ascendente y uno para el canal descendente.

EL PER debe ser evaluado tanto en el canal ascendente como en el canal descendente, un porcentaje de PER menor al 2% garantiza una llamada de buena calidad y una llamada con mas de 2% indica un deterioro importante en calidad de la conexión.

Mientras más llamadas manejen las estaciones bases vecinas, y la misma estación base, se genera más interferencia por llamadas con códigos de pseudo-ruido y tanto la estación base como el móvil incrementan su potencia para reducir el PER (en CDMA1x el FER) a un valor aceptable. Puede llegar un punto en el cual ni la estación base ni el móvil puede aumentar su potencia para reducir el PER.

En CDMA1x se utiliza el “Frame Error Rate” FER que representa una medida muy similar a la de 1xEVDO llamada PER (Packet Error Rate), la diferencia fundamental

es que el PER mide el porcentaje de errores de los paquetes IP y CDMA1x mide el porcentaje de error de las tramas digitales de CDMA.

En la figura 26 se muestra el resultado de una de las mediciones realizadas en las pruebas de campo, que corresponde al PER (Packet Error Rate) del terminal de acceso durante el recorrido del "drive test".

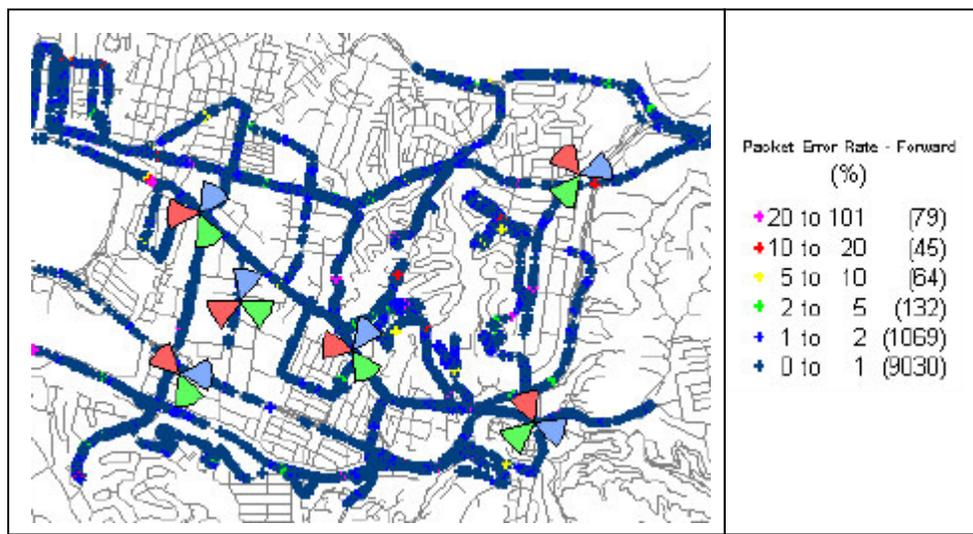


Figura 26, 1xEV-DO PER del Terminal de Acceso.

En la figura 26, se muestra una grafica del PER del canal descendente donde el 96,9 % (10099 / 10419) de los puntos de medición el valor de PER es \leq a 2 %, lo que indica que el porcentaje de errores es aceptable (bueno) para alrededor del 96,9%.

Este ejercicio nos permite visualizar la calidad de la señal de la portadora 1xEV-DO en la zona de cobertura en estudio,

Para este ejercicio se tomó la medida de PER del canal descendente, ya que la diferencia fundamental entre 1xEV-DO y CDMA1x esta en el canal descendente, en el canal descendente de 1xEVDO se logra aumentar el rango de descarga de datos de 153,6kbps hasta 2,457Mbps, mientras en el canal ascendente la tasa de descarga es igual en las dos tecnologías.

c.- Prueba de descarga de datos:

La tecnología 1xEV-DO proporciona servicios de calidad para la descarga de datos de datos en altas velocidades en el canal descendente, para mostrar el comportamiento de esta tecnología realizaron mediciones durante el recorrido del “drive test”.

En la figura 27, se muestra el recorrido del “drive test” con las mediciones de descarga de datos desde el servidor FTP hacia el terminal de acceso, la figura muestra los niveles de tasa de datos en el canal descendente.

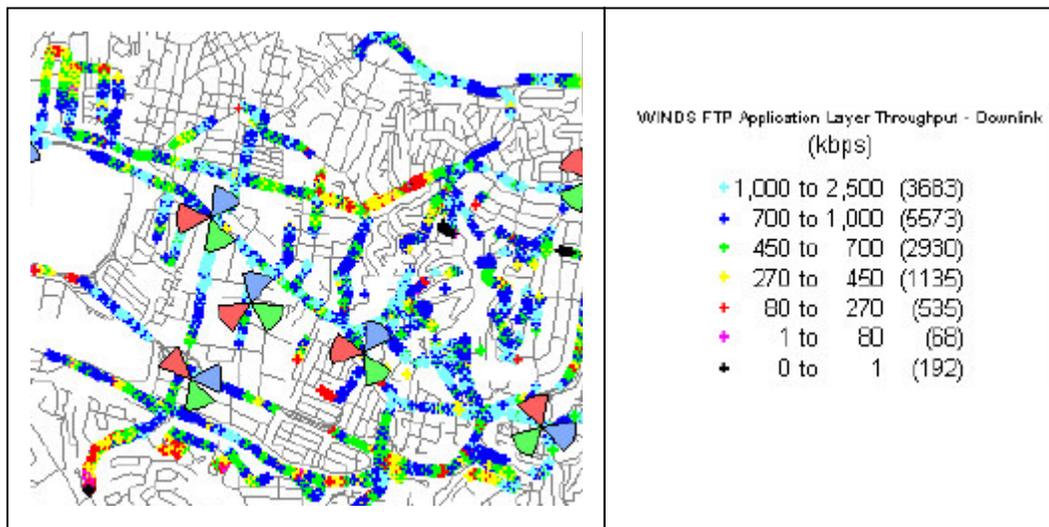


Figura 27, 1xEV-DO Descarga de Datos del Terminal de Acceso.

Como observación inicial a la figura 27 podemos identificar que el terminal de acceso alcanzó tasas de conexión entre 1Mbps y 2,5 Mbps en el 26 % (3,683 / 14,166) de los puntos de medición, tasas de conexión bastante altas, que permiten prestar un servicio de alto nivel.

Las descargas de datos por encima de 1Mbps se logró en los puntos donde los mejores niveles de relación señal a ruido y PER el móvil se alcanzaron.

En la figura 27, se puede identificar que en el 94% (13371 / 14166) de las mediciones se logran descargas de datos superiores a los 270Kbps, este resultado nos muestra que en mas del 94% de los puntos medidos 1xEV-DO logra descargas de datos superiores a CDMA1x (máximo 153,6kbps).

1xEV-DO representa una mejora significativa para los servicios de datos con respecto a CDMA1x, y permite a los operadores celulares ofertar servicios de valor agregado a los clientes particulares y corporativos.

3.4 Migración a tercera Generación.

En la actualidad los proveedores de equipos de telecomunicaciones se encuentran desarrollando y probando el software y hardware necesarios para implementar las nuevas redes de tercera generación.

La tecnología UMTS se perfila como la evolución y punto de encuentro entre las diferentes redes (CDMA, GSM).

Los grandes proveedores de equipos de telecomunicaciones están implementando pequeñas redes UMTS, con diferentes operadoras, con el objetivo de probar, mostrar el desarrollo realizado y negociar la implementación de esta tecnología a gran escala.

La tecnología CDMA en la actualidad esta soportando la implementación de 1xEV-DO, y esta permitiendo que esta tecnología inalámbrica de alto performance se posicione como una opción al futuro de las redes de tercera generación. En paralelo se esta desarrollando algunas mejoras al Standard 1xEV-Do llamada EV-DO Rev A, un nuevo Standard que permitirá soportar voz datos y video en la misma portadora de EVDO.

CONCLUSION

Las redes de comunicaciones inalámbricas actuales (como CDMA1x), soportan niveles de transmisión de datos aceptables para servicios básicos, pero las necesidades del mercado mundial apuntan a ofrecer servicios de alta demanda de información, que será proporcionados por la generación de nuevas tecnologías de comunicación.

La evolución de las redes de comunicaciones inalámbricas de segunda a tercera generación, es el resultado de factores que responden en su mayoría a la oferta de nuevos servicios de telecomunicaciones mas que por necesidades tecnológicas.

El Nuevo sistema de comunicaciones telefónicas móviles (IMT-2000), esta orientado a lograr compatibilidad con sistemas de comunicación basados en redes fijas, un alto grado de compatibilidad y estandarización a nivel mundial, así como establecer especificaciones y recomendaciones de los estándares de tercera generación.

La tecnología UMTS (W-CDMA) definida por IMT-2000 se perfila a nivel mundial como la principal opción para la migración de las redes celulares, apalancado por ser la migración del sistema global de comunicación móvil (GSM) y por poder ser implementada sobre las redes actuales CDMA.

La tecnología CDMA2000 definida por IMT-2000 es una opción de migración para las redes CDMA implementadas a nivel mundial y que inicialmente esta posicionada con el servicio de CDMA2000 1xEV-DO.

Las Operadoras Celulares a nivel mundial evalúan en la actualidad las opciones para la migración de sus redes, la tecnología UMTS, sé a convertido en un estándar que los diferentes proveedores han desarrollado de manera acelerada para colocarlo como una posibilidad a tomar en cuenta en los planes de migración de las diferentes operadoras.

Los operadores celulares en Venezuela en la actualidad están orientados a proveer servicios de banda ancha inalámbricos a través de la tecnología CDMA 2000 1xEV-DO, la cual permite utilizar sus redes CDMA1x actuales, logrando implementar 1xEVDO con facilidad y en tiempo reducido. Este nuevo servicio con velocidades de

transmisión significativamente mayores que las de la tecnología anterior (CDMA1x) se perfilan en la actualidad como la solución futura a competir con UMTS, ya que su éxito actual a orientado esfuerzos de los proveedores de comunicaciones a desarrollar un nuevo estándar llamado EV-DO Rev A, el cual permitirá manejar voz, datos y video en los enlaces ascendentes y descendentes.

Este trabajo permitió verificar en la practica las mejoras significativas en la descarga de datos de la tecnología 1xEV-DO con respecto a CDMA1x, logrando alcanzar en zonas con muy buenos niveles de señal a ruido tasas de transmisión de 2,457Mbps.

GLOSARIO

2G	Segunda generación de sistemas móviles celulares.
3G	Tercera generación de sistemas móviles celulares.
3GPP2	Third Generation Partnership Project.
EDGE	Enhanced Data Rates para GSM (Sistema móvil global).
GPRS	Servicio general de paquetes de radio.
GSM	Sistema móvil global .
IS-95	Estándar #95; estándar de radio de 2G en Estados Unidos para CDMA.
TDMA	Estándar de telefonía celular acceso múltiple por división de tiempo.
TDD	División de Tiempo Duplex.
QPSK	Modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)
Gateway	Es un dispositivo que conecta segmentos de redes
OSI	Modelo de Referencia para comunicaciones, Sistema de interconexión abierto.
MAC	Capa de Control de Acceso Medio
IP	Protocolo de Internet
PPP	Protocolo Punto a Punto
AAA	(Authentication, Autorition and Accounting) Servicios de autenticación, autorización y cuantificación.
QoS	Calidad de Servicios.
UDP	Protocolo de Data grama de Usuario
TCP/IP	Protocolo de Control de Trnsmisión / Protocolo de Internet
Internet	Red de computadoras internacional completamente abierta,
Time Slot	Ranura de Tiempo
Kbps	Kilobit por Segundo
EVRC	The Enhanced Variable Rate Coder

BIBLIOGRAFIA

- [1] V.K.Grag, *IS-95 CDMA and cdma2000*, Prentice-Hall, 2000, Ch. 15.
- [2] S. Dehghan, D. Lister, R. Owen, and P. Jones, "W-CDMA capacity and planning issues," *Electronics & Communication Engineering Journal*, vol. 12, pp. 101-118, June 2000. □ Y.S. Rao and A. Kripalani, "cdma2000 Mobile Radio Access for IMT-2000," in *Proc. IEEE International Conference on Personal Wireless Communication*, 1999, pp.6-15.
- [3] EIA/TIA-95 Rev A, "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," 1995.
- [4] TIA IS-707, "Data Services Standard for Wideband Spread Spectrum Cellular System."
- [5] EIA/TIA-95 Rev B, " Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," 1997.
- [5] D. Knisely, Q. Li, and N. Ramesh, "cdma2000 — Evolution of cdmaOne to IMT-2000," to appear, *Bell Labs Tech. J.*, 1998.
- [6] ITU Deployment of IMT-2000 System
- [6] <http://www.ericsson.com/review>
- [7] <http://www.itu.org/>
- [8] <http://www.3gpp2.org>
- [9] <http://www.imt.org>
- [10] <http://www.lucent.com>
- [11] 1xEV: 1x EVolution IS-856 TIA/EIA Standard, *Airlink Overview*, QUALCOMM,
- [12] E2E Simulation Model for CDMA2000 1xEV-DO, Amaury Budri, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira.

ANEXO I

ANEXO I

Canales Lógicos en el Enlace Descendente de CDMA2000

En la Figura 28, podemos observar los canales descendentes de CDMA2000, donde se puede apreciar, que la mayoría son equivalentes a los de CDMA 2G.

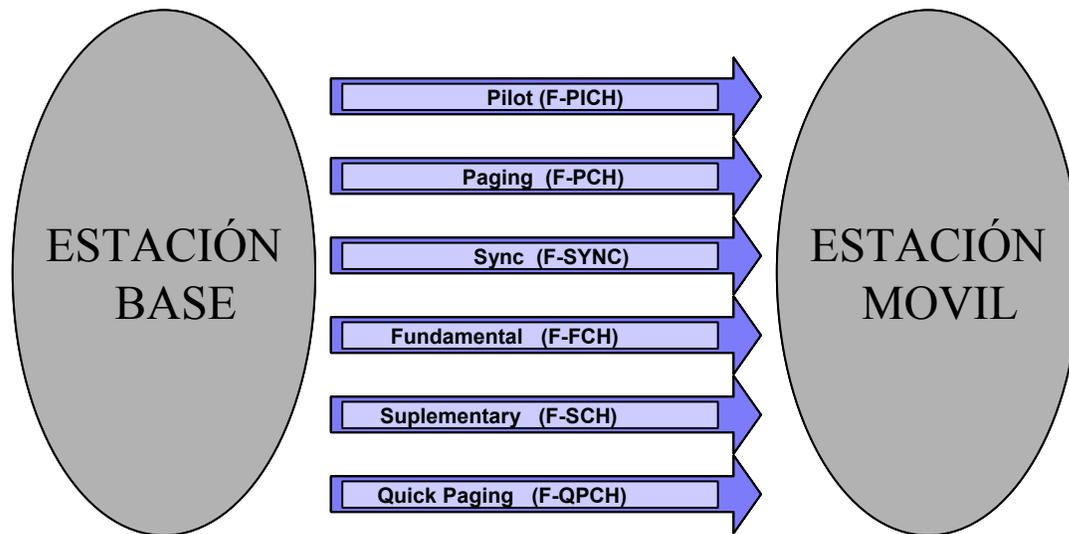


Figura 28, Canales Lógicos del Enlace Descendente. (V.K.Grag, 2000)

a.- Canal de Piloto Descendente (F-PICH).

Este canal provee información de tiempo y fase. Este canal es compartido por todos los canales de tráfico y utilizado para: Estimar la ganancia del canal y la fase, Adquisición de Handoff, Permite detectar de una forma más eficiente y segura el camino de la señal piloto mejor recibido.

b.- Canal de Sincronía Descendente (F-SYNC).

Este canal es utilizado para adquirir la sincronización. Existen dos tipos de canales de sincronización; compartido y de banda ancha. El compartido provee servicio

tanto para IS-95 como para CDMA2000 y el canal de sincronización de banda ancha es modulado a través de todo el canal de banda ancha.

c.- Canal de Paging Descendente (F-PCH).

Un sistema CDMA2000 puede tener canales de paging o de búsqueda por estación base. El canal de paging es utilizado para enviar información de control y mensajes de paging desde la estación base hacia los móviles y opera a una tasa de 9.6 o 4.8 kbps, al igual que en IS-95. Igual que el canal de sincronía existe dos tipos de canales de paging, el cual es el compartido y de banda ancha.

D.- Canal de Control Común Descendente (F-CCCH).

Este canal es utilizado para la comunicación de la capa 3 y los mensajes de MAC, Los posibles tamaños de las tramas son de 5ms, 10ms y 20 ms dependiendo del ambiente de operación.

e.- Canal de Piloto Auxiliar Común Descendente (F-CPICH)

Este canal es utilizado con una antena de aplicaciones de apertura para generar manchas. Estas manchas pueden ser usadas para incrementar la cobertura en una área geográfica en particular o incrementar la capacidad. Este canal puede ser compartido por múltiples móviles.

Los pilotos auxiliares son multiplexados en código con otros canales de enlace descendente y ellos utilizan los códigos ortogonales de “Walsh”. Debido a que los pilotos comunes no contienen data, los pilotos auxiliares, pueden utilizar secuencias de “Walsh” más largas reduciendo así los códigos ortogonales de “Walsh” disponibles..

f.- Canal Común de "Broadcast" (F-BCCH).

Este es un canal de "paging" dedicado para transmitir mensajes de cabecera (overhead), es decir mensajes del sistema tales como: identificador de la celda, secuencia de pilotos, el número de canales de "paging", servicios de mensajería corta entre otros.

Este canal extrae los mensajes de cabecera del canal de "paging" a un canal separado, mejorando así el tiempo de inicialización del móvil y el desempeño del sistema de acceso. Al mismo tiempo se reduce el número de mensajes de los canales de "paging", mejorando la capacidad del mismo y este canal tiene un código de "Walsh" fijo el cual es comunicado al móvil en el canal de sincronía.

g.- Canal Rápido de "Paging" Descendente (F-QPCH).

Este es un nuevo tipo de canal de "paging", el cual reduce la necesidad de que el teléfono se encuentre "despierto" para recibir un mensaje de "paging", y permite que el móvil pueda incrementar la vida de la batería. El mensaje de rápido "paging" es enviado hasta 80ms antes del mensaje normal de "paging", con la finalidad de alertarlo para que escuche o reciba el mensaje de "paging". Este canal utiliza una modulación distinta, de esta forma aparece como un canal físico distinto.

h.- Canal Piloto Auxiliar Dedicado Descendente (F-DAPICH)

Es un piloto auxiliar opcional que puede ser generado por un móvil en particular. A través de técnicas o aplicaciones se puede incrementar la cobertura o la tasa de los datos hacia un móvil específico.

i.- Canal Fundamental Descendente (F-FCH).

Este canal es transmitido a una tasa variable como en IS-95B y consecuentemente requiere una detección de la tasa en la recepción. Cada F-FCH es transmitido con un canal de código ortogonal distinto y utiliza tamaños de tramas desde 20 ms a 5 ms. La estructura de 20 ms soporta la tasa correspondiente a RS 1 y RS2 (Rate Set), las cuales son 9.6, 4.8, 2.7 y 1.5 kbps para RS1 y 14.4, 7.2, 3.6 y 1.8 kbps para RS2.

j.- Canal Suplementario Descendente (F-SCH).

Este canal puede ser operado en distintos modos. El primer modo es utilizado para una tasa que no exceda de 14.4 kbps y utilizado una tasa detección ciega, ya que no es provista la información, en este caso las tasas variables son derivadas de IS-95B RS1 y RS2. En el segundo modo la tasa de información es provista por la estación base.

Puede ser utilizado más de un F-SCH en un tiempo dado. El objetivo del FER (Frame Error Rate) de un F-SCH individual puede ser independiente respecto a otro F-FCH u otro F-SCH, ya que el FER óptimo para data y voz es distinto. Para los servicios de datos pueden ser menos estricto los requerimientos de retardo y el FER puede ser manejado por retransmisiones.

k.- Canal de Control Dedicado Descendente (F-DCCH).

Este canal soporta tramas de 5 ms y 20 ms a una tasa de 9.6 kbps. Para 5ms son añadidos 16 bit de CRC Revisión de redundancia cíclica(Cyclic Redundancy Check) y para 20- ms son añadidos 12 bit CRC respectivamente.

En la Figura 29, se muestra un cuadro con la diferencia de la cantidad de canales existentes entre IS-95 y CDMA2000.

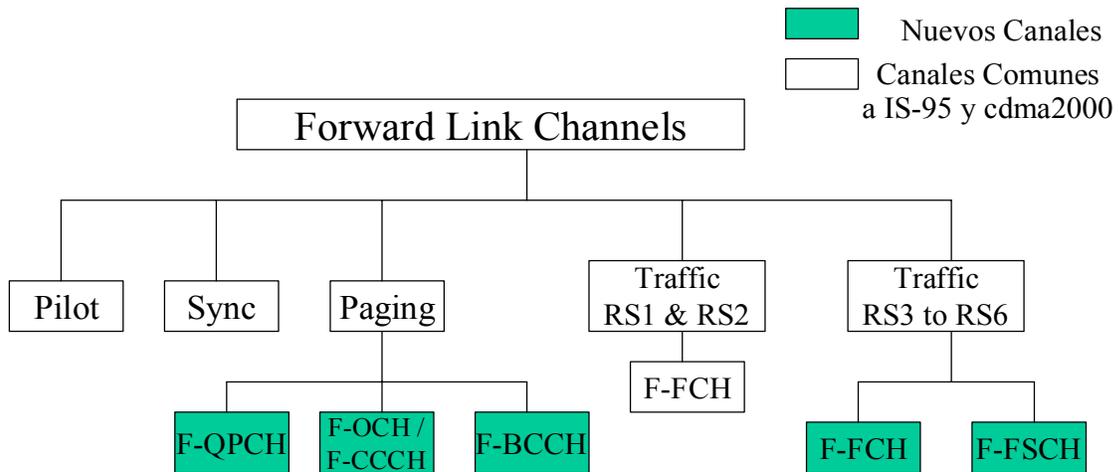


Figura 29, Canales del Enlace Descendente (V.K.Grag, 2000)

Canales Lógicos en el Enlace Ascendente de CDMA2000

En la Figura 30, podemos observar los canales del enlace ascendente de CDMA2000

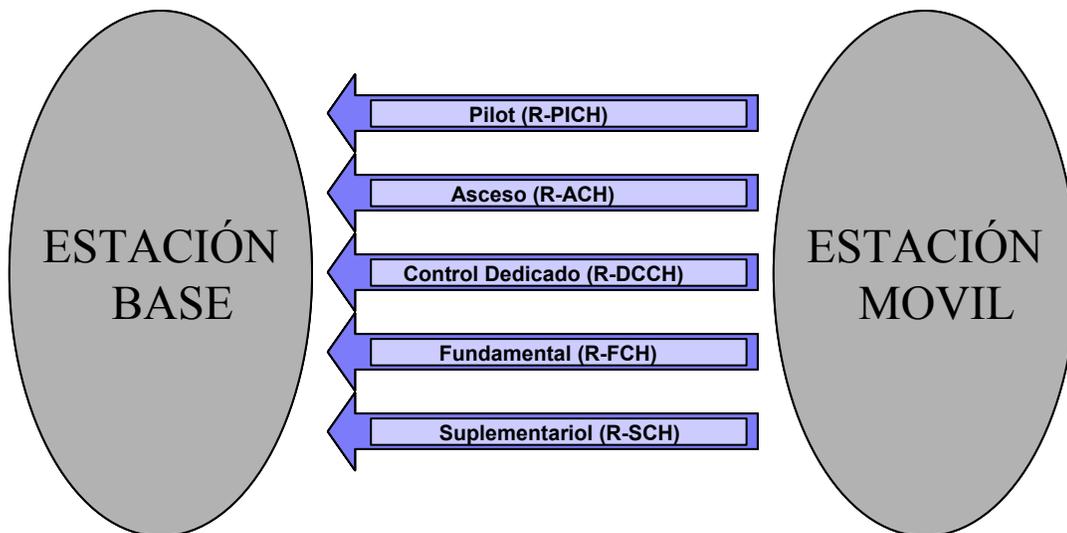


Figura 30, Canales Físicos Enlace Ascendente. (V.K.Grag, 2000)

a.- Canal de Acceso Ascendente (R-ACH) y Canal de Control Común Ascendente (R-CCCH).

Estos son los canales comunes más usados para la comunicación de capa 3 y los mensajes MAC de los móviles hacia la estación base. El canal R-CCCH difiere del canal R-ACH, debido a que el primero ofrece una capacidad extendida más allá del canal de acceso. Ellos pueden ser uno o más canales de acceso por frecuencia asignada, la diferencia de los canales de acceso puede ser distinguida por un código PN distinto. La R-CCCH es idéntica que el R-ACH para 9.6 kbps, con un tramado de 20 ms. Para una tasa adicional de 19.2 y 38.4 kbps y un tramado entre 5 a 10 ms en los canales puede ser soportado.

b.- Canal Piloto Ascendente (R-PICH).

Este canal consiste en un valor de referencia fija y multiplexado con la información del control de potencia ascendente, donde el tiempo de multiplexión es como una referencia de un sub-canal. Dicho sub-canal provee de la información sobre la tasa de calidad para el enlace ascendente en 1 bit por cada 1.25 ms del Grupo de Control de Potencia (PCG) y es usado por el canal de enlace ascendente para controlar su potencia. El bit del control de potencia se usa para la última porción de cada PCG, donde los símbolos del piloto (+1) y el control multiplexado de potencia son enviados todos a un mismo nivel de potencia. Los símbolos de control de potencia binario son representados con valores.

c.-Canal Ascendente de Control Dedicado (R-DCCH).

Los canales R-DCCH, R-FCH y R-SCH pueden ser usados o no dependiendo del escenario de servicio. Cada canal físico es distribuido con una secuencia de códigos "Walsh" para proveer de una canalización ortogonal entre estos canales físicos. La distribución de piloto y del R-DCCH son mapeados dentro de un fase (I) del canal de

datos, y la distribución de R-FCH y del R-SCH son mapeados dentro del cuadrante (Q) del canal de datos. Después los canales I y Q de distribución usan un PN tipo de control-multiplexión distribuyendo la vía de acceso ascendente para la estructura del canal para ser mapeados en 1x y 3x.

d.- Canal Fundamental Ascendente (R-FCH).

El canal R-FCH soporta tramado de 5 ms y 20 ms. Para el tramado de 20 ms provee tasas derivadas de la IS-95B RS1 y RS2. En cambio para 5 ms provee de 24 bits de información por trama con 16 bits CRC. Cuando un canal de 5 ms R-FCH es usado, puede estar encendido o apagado en cada uno de los segmentos 5 ms de los conformados dentro del intervalo del tramado 20 ms. El canal R-FCH puede ser transmitido en diferentes ratas, los cuales puede soportar 1.5, 2.7, 4.8 y 9.6 kbps para RS3 y RS5, y 1.8, 3.6, 7.2 y 14.4 kbps para RS4 y RS6.

e.-Canal Suplementario Ascendente (R-SCH).

El canal R-SCH puede ser usado en dos diferentes modos, primero es usado para ratas de datos que no exceden los 14.4 kbps y usando ratas de detección secretas de información. Para el segundo modo la rata de información es explícitamente entendido sabido por la estación base. La R-SCH puede ser usado para llamadas de datos que puede ser operados en diferentes ratas que pueden ser pre-negociados en la transmisión. Las tasas soportadas por el R-SCH son de 9.6, 19.2, 38.4, 76.8 y 153.6 kbps.

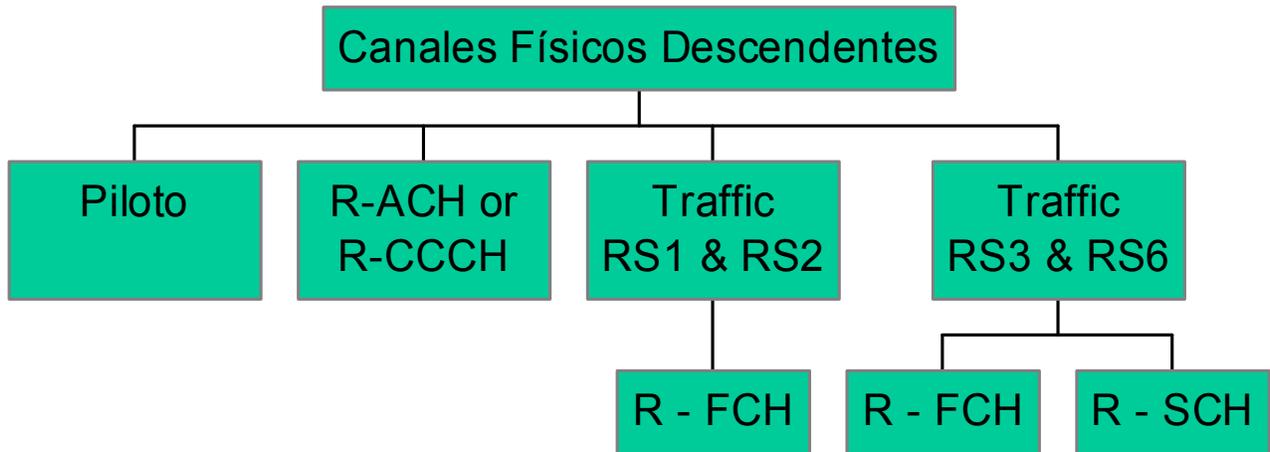


Figura 31, Canales del Enlace Ascendente. (V.K.Grag, 2000)

ANEXO II