

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA EN EL FORMATO MPEG-4 SOBRE
REDES INALÁMBRICAS DE TERCERA GENERACIÓN**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Magister Scientiarum
Por la Ing. María E. Alvarez Pérez**

Caracas, Marzo 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**TRANSMISIÓN DE DATA CODIFICADA EN EL FORMATO MPEG-4 SOBRE
REDES INALÁMBRICAS DE TERCERA GENERACIÓN**

Tutor Académico: Prof. Luis Fernández

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Magister Scientiarum
Por la Ing. María E. Alvarez Pérez**

Caracas, Marzo 2007

Resumen

Autor: Álvarez P. María E.¹, Tutor: Fernández Luis J.²

¹ Departamento de Comunicaciones, Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

malvarez@elecrisc.ing.ucv.ve

² Departamento de Comunicaciones, Escuela de Ingeniería Eléctrica
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

lfernand@reacciun.ve

MPEG-4, como estándar actual definirá una pauta importante en transmisiones inalámbricas, particularmente referidas a la tecnología de tercera generación “3G”, pues, además de la compresión en el ancho de banda utilizando codificación por objetos, y estructuras jerárquicas, mejora el control de errores, dando paso a lo que se denomina multimedia móvil que proporcionará la movilidad a través de redes multiservicio y de acceso múltiple para el usuario, punto que servirá de base para el desarrollo de un modelo de simulación entre un usuario móvil de 3G y una radio base, tal que, se puedan estudiar ciertos aspectos que generen inconvenientes, en el establecimiento, mantenimiento, y finalización de la comunicación. Para la realización de dicho modelo se estudian los aspectos que afectan las comunicaciones móviles, tales como: ancho de banda menor que en sistemas cableados, ruido e interferencia, asignación de frecuencias (Handoff) y seguridad.

Inicialmente se explicará el protocolo MPEG-4, basándose en aspectos relacionados con mejoras de: ancho de banda asociado, características de compresión, algoritmos matemáticos, control de errores, susceptibilidad a ruido e interferencia, etc, tal que se compare con diferentes tipos de compresión de video y se obtenga unas conclusiones certeras. Basado en esto, se analizará el comportamiento del protocolo en los sistemas de tercera generación “3G”.

Una vez obtenidos los resultados del primer análisis, se explicará la escogencia de parámetros determinados; tales que sean el fundamento para la realización de la herramienta de modelaje. Al obtener los parámetros que definirán el modelo, se llevará a cabo una fase de estudio que permita la disertación entre los diferentes programas de simulación, y se explicará la ventajas y beneficios que otorgue la escogencia del mismo, para que no sólo se pueda recrear el ambiente a modelar, sino que también se muestre las distintas aplicaciones, tal que, le provea al usuario una interacción amigable con el programa. Por último se expondrá todo el proceso de simulación con el programa escogido, explicando los pros, los contras, y las posibles expansiones del modelo de simulación con los resultados y las conclusiones respectivas.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ACRÓNIMOS	8
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1 CAPITULO 1:.....	13
Moving Picture Expert Group (MPEG-4).....	13
1.1 MPEG-4	14
1.1.1 Funcionalidades y características.....	14
1.1.2 Estructura y sintaxis.....	16
1.1.3 Herramientas para la codificación de formas.....	19
1.1.4 Estimación y compensación de movimiento.....	21
1.1.5 Codificación de texturas	23
1.1.5.1 DCT (Transformada Discreta del Coseno)	23
1.1.5.2 Recorrido y codificación por rachas (run length)	25
1.1.5.3 Codificación entrelazada.....	26
1.1.6 Tolerancia a fallos.....	26
1.1.7 Perfiles Visuales MPEG-4.....	28
2 CAPÍTULO 2:.....	31
Tercera Generación.....	31
2.1 Tercera Generación	32
2.1.1 IMT International Mobile Telecommunications.....	32
2.1.2 Requerimientos de un Sistema de Tercera Generación.....	33
2.1.3 Asignación del espectro para IMT-2000.....	34
2.1.3.1 Componente terrenal:.....	35
2.1.3.2 Componente Satelital:	35
2.1.4 INTERFACES DE AIRE IMT-2000	36
2.1.5 Evolución de los sistemas celulares a 3G.....	36
2.1.6 UMTS / WCDMA.....	37

2.1.6.1	<i>Arquitectura de Interfaz de Radio</i>	39
2.1.6.2	<i>WCDMA Capa Física</i>	41
2.1.6.3	<i>Canales Lógicos, de Transporte y Físicos</i>	44
2.1.6.3.1	<i>Canales Lógicos</i>	44
2.1.6.3.2	<i>Canales de Transporte</i>	45
2.1.6.3.3	<i>Canales Físicos</i>	46
3	<i>CAPÍTULO 3:</i>	51
	<i>Handoff en 3G</i>	51
3.1	<i>Handoff en 3G</i>	52
3.1.1	<i>Células</i>	52
3.1.2	<i>Handoff</i>	54
3.1.2.1	<i>Proceso</i>	57
3.1.3	<i>Handover en WCDMA</i>	58
4	<i>CAPÍTULO 4:</i>	60
	<i>Plataforma Utilizada en WCDMA</i>	60
4.1	<i>Plataforma utilizada en WCDMA</i>	61
4.1.1	<i>CRC (Cyclic Redundancy Check)</i>	62
4.1.2	<i>Concatenación de bloques de transporte y segmentación</i> ...	63
4.1.3	<i>Codificación de canal</i>	64
4.1.4	<i>Ecualización de la trama radio</i>	64
4.1.5	<i>1er Interleaving</i>	64
4.1.6	<i>Segmentación de la trama radio</i>	64
4.1.7	<i>Rate Matching</i>	65
4.1.8	<i>Multiplexión de los canales de transporte</i>	65
4.1.9	<i>Inserción de los bits de indicación de transmisión discontinua (DTX, discontinuous transmission)</i>	65
4.1.10	<i>Segmentación de los canales físicos</i>	66
4.1.11	<i>2do Interleaving</i>	66
4.1.12	<i>Mapeo a canales físicos</i>	66
5	<i>CAPÍTULO 5:</i>	67
	<i>Simulación y Modelaje de la Plataforma WCDMA</i>	67

5.1	<i>Simulación y Modelaje de la Plataforma WCDMA</i>	68
5.1.1	<i>Interfaz de adaptación de datos</i>	69
5.1.1.1	<i>Programa Interfaz de adaptación de datos</i>	71
5.1.1.2	<i>Programa cálculo de Tasa de Bits Errados</i>	75
6	CAPÍTULO 6:	77
	Pruebas Realizadas y Resultados	77
6.1	<i>Pruebas Realizadas y Resultados</i>	78
6.1.1	<i>Codificador de video MPEG-4 Xenon 2 Standard</i>	78
6.1.2	<i>Escenarios de Trabajo</i>	79
6.2	<i>Resultados</i>	81
7	CAPÍTULO 7:	84
	Conclusiones y Recomendaciones	84
7.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
8	BIBLIOGRAFÍA	88

LISTA DE ACRÓNIMOS

AICH Acquisition Indicator Channel
AMPS Advanced Mobile Phone System
ANSI Instituto Americano de Estándares
BAB Bloque Alfa Binario
BCH Broadcast Channel
BCCH Broadcast Control Channel
BMC Control Broadcast/Multicast
B-POV Bidirectional Interpolated POV
BPSK Binary Phase Shift Keying
CAE Codificación Aritmética basada en el Contexto
CCCH Common Control Channel
CCTrCh Coded Composite Transport Channel
CDMA Code Division Multiple Access
CM Connection Management
CRC Cyclic Redundancy Check
CPCH Common Packet Channel
CPICH Common Pilot Channel
CTCH Common Traffic Channel
DCCH Dedicated Control Channel
DCT Discrete Cosine Transform
DECT Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DPCCH Dedicated Physical Control Channel
DPCH Dedicated Physical Channel
DPDCH Dedicated Physical Data Channel:
DSCH Downlink Shared Channel
DSMA-CD Digital Sense Multiple Access-Collision Detection
DTCH Dedicated Traffic Channel
DTX Discontinuous Transmission
DVD Digital Video Disc
FACH Forward Access Channel
FBI Feedback Bit Information
FEC Forward Error Correction

FDMA Frequency Division Multiple Access
FPLMTS Future Public Land Mobile Telecommunication System
GCS Canal de Guarda
GSM Global System for Mobile Communication
IETS Instituto Europeo de Telecomunicaciones
IMT-2000 Internacional Mobile Telecommunication
IP Internet Protocol
I-POV Intra POV
ISO/IEC International Standards Organization/ International Electrotechnical
Commission
ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones
LLC Logical Link Control
MAC Media Access Control
MAHO Mobile-Assisted Handoff
MM Mobility Management
MPEG-4 Moving Picture Expert Group
MSC Mobile Switching Center
OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor
PCCH Paging Control Channel
P-CCPCH Primary Common Control Physical Channel
PCH Paging Channel
PCPCH Physical Common Packet Channel
P-CPICH Primary Common Paging Indicator Channel
PDCP Packet Data Convergence Protocol
PDSCH Physical Downlink Shared Channel:
PICH Paging Indicator Channel
PN Pseudo Noise
POV Predicted Plano de Objeto de Video
P-POV Predicted POV
PRACH Physical Random Access Channel
QoS Quality of Service
QPSK Quadrature Phase Shift Keying
RACH Random Access Channel
RLC Radio Link Control

RRC Radio Resource Control
RRM Resource Radio Management
RTT Radio Transmission Technology
RVLC Reverse Variable Length Code
S-CCPCH Secondary Common Control Physical Channel
SCDMA Synchronous CDMA
SCH Synchronization Channel
S-CPICH Secondary Common Paging Indicator Channel
SF Spreading Factor
SNR Signal Noise Relation
TDD Time Division Duplex
TDMA Time Division Multiple Access
TFCI Formato opcional Indicador de Combinación de Transporte
TPC Control de Transmisión de Potencia
TTI Transmission Time Interval
UE User Equipment
UMTS Universal Mobile Telecommunication System
UTRA Universal Terrestrial Radio Access
UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network
UWC Universal Wireless Communications
VLC Variable Length Code
WARC World Radiocommunication Conference
WCDMA Wide Code Division Multiple Access
3GPP Third Generation Partner Project

|

INTRODUCCIÓN

Muy pronto, la tecnología de la comunicación móvil afectará a nuestras vidas en muchos sentidos. Desde la multimedia móvil hasta la comunicación entre máquinas, 3G va a ser el catalizador para toda una gama nueva de servicios, dando acceso a servicios avanzados donde quiera. Seremos liberados de los confines de los cables, puntos fijos de acceso y velocidades bajas de transmisión.

3G Introduce comunicaciones de radio de banda ancha, con velocidades de acceso hasta de 2 Mbits/s. Comparado con las redes móviles de 2G, 3G significará una mayor capacidad de la red, de manera que los operadores podrán dar soporte a más usuarios, así como ofrecer más servicios sofisticados.

Debido a esto, se necesitará que todos los aspectos relacionados con la compresión de audio y video sean aún más eficaces, permitiendo disminuciones considerables en el ancho de banda asociado. MPEG-4, como protocolo actual definirá una pauta importante en transmisiones inalámbricas, particularmente referidas a la tecnología de tercera generación “3G”, pues, además de la compresión en el ancho de banda, proporciona un buen control de errores. Este punto servirá de base para plantear un modelo de simulación entre un usuario móvil de 3G y una radio base, tal que se pueda estimar el comportamiento de la data de video codificada con el formato MPEG-4 y sobre esta plataforma compararla con otros mecanismos existentes en el mercado, además de enumerar y analizar los aspectos que generan inconvenientes en el establecimiento, mantenimiento y finalización de la comunicación.

OBJETIVO GENERAL

Plantear un modelo de simulación entre un usuario móvil de 3G y una radio base, tal que, se pueda estimar el comportamiento de la data codificada con el protocolo MPEG-4.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el comportamiento del protocolo de compresión de video MPEG-4.
2. Verificar teóricamente las mejoras en los aspectos de: *handoff*, ancho de banda, ruido e interferencia en los sistemas de 3G que utilizan MPEG-4.
3. Escoger la plataforma de 3G que se utilizará en el modelo de simulación
4. Escoger los parámetros que permitan desarrollar la herramienta de modelaje.
5. Disertar sobre los diferentes programas de simulación, tal que se escoja el más adecuado, basándose en los parámetros preestablecidos. Modelar el sistema entre el usuario móvil y una radio base
7. Estimar el comportamiento de la data codificada en el formato MPEG-4, respecto al tiempo de transmisión y la calidad de la data recibida.

1 CAPITULO 1:

Moving Picture Expert Group (MPEG-4)

MPEG-4

MPEG-4 por sus siglas en inglés *Moving Picture Expert Group*, es un Estándar Internacional, el cual se basa en la compresión de video. Los estándares de compresión de video anteriores a MPEG-4 (MPEG-1 y MPEG-2) resultan apropiados para los entornos para los que fueron diseñados, pero no son lo suficientemente flexibles para satisfacer los requerimientos de las aplicaciones multimedia, es por ello que dado a estas limitaciones el comité MPEG comenzó a desarrollar una plataforma que soportara un amplio rango de aplicaciones multimedia, en la que se ha trabajado desde 1993 hasta 1999, fecha en la que apareció la primera versión del estándar MPEG-4. El MPEG-4 fue dividido en múltiples partes para ser analizado estructuralmente, en este caso se analizará la parte 2 concerniente al ámbito visual específicamente la ISO/IEC 14496-2 [1].

El estándar de vídeo MPEG-4 consiste en una colección de herramientas que soportan dichas áreas de aplicación. El estándar proporciona herramientas para codificación de formas, estimación y compensación de movimiento, codificación de texturas, recuperación frente a errores, codificación de *sprites* y escalabilidad. La base para la interoperabilidad viene dada por diversos puntos de conformidad definidos en el estándar en forma de tipos de objetos, perfiles y niveles

1.1.1 Funcionalidades y características

El estándar visual MPEG-4 consiste en una serie de herramientas que permiten a las aplicaciones distintos tipos de funcionalidades. Algunos de los aspectos más importantes que cubre el estándar MPEG-4 pueden resumirse en las tres siguientes categorías:

- **Eficiencia de la compresión.** La eficiencia de la codificación ha sido uno de los fundamentos de MPEG-1 y MPEG-2, y por sí mismo ha permitido la existencia de aplicaciones como la televisión digital y el DVD. La mejora en la eficiencia de la codificación y la posibilidad de

codificar múltiples flujos de datos concurrentemente aumentará la aceptación de las aplicaciones basadas en el estándar MPEG-4.

- **Interactividad basada en contenidos.** La representación de una escena audiovisual en términos de objetos de vídeo en lugar de *frames* permite aplicaciones basadas en contenidos. Esta es una de las novedades más importantes ofrecidas por MPEG-4 y ofrece nuevos niveles de interactividad basándose en una representación eficiente de los objetos, manipulación de estos objetos, edición de flujos de bits y escalabilidad basada en objetos.
- **Acceso universal.** La robustez en entornos sujetos a errores permite que los contenidos codificados según MPEG-4 puedan ser accesibles desde una amplia gama de soportes, desde redes de telefonía hasta conexiones cableadas. Incluso puede permitirse que el usuario decida en qué facetas deben consumirse más recursos y en cuáles menos, gracias a la escalabilidad espacial y temporal basada en los objetos.

Para poder soportar algunas de estas funcionalidades, MPEG-4 debe permitir representar objetos de vídeo con forma arbitraria. Esto quiere decir, que cada objeto puede ser codificado con diferentes parámetros y con distinta calidad. La forma de un objeto de vídeo puede representarse en MPEG-4 mediante un plano binario o en niveles de gris (plano alfa) y la textura del objeto se codifica separadamente de su forma. Para aplicaciones con poco ancho de banda puede utilizarse codificación de texturas basada en *frames*, como la que se realiza en MPEG-1 y MPEG-2. Para aumentar la tolerancia a fallos se han tomado precauciones especiales a nivel de flujo de bits para permitir resincronización rápida y recuperación de errores de manera eficiente. Según lo expuesto anteriormente, el estándar MPEG-4 ha sido optimizado para tres anchos de banda:

1. Por debajo de 64 kbit/s
2. 64-384 kbit/s
3. 384 - 4 Mbit/s

En cualquier caso, tanto para anchos de banda que permiten más calidad como para anchos de banda menores, el conjunto de herramientas que se utilizan son las mismas.

1.1.2 Estructura y sintaxis

El objetivo primordial del estándar, es el objeto audiovisual, el cual se sustenta en la representación basada en objetos. Esta representación es bastante apropiada para aplicaciones interactivas y permite acceso directo a los contenidos de una escena.

Un objeto de vídeo consiste pues, en una o más capas que soportan codificación escalable. La sintaxis escalable permite la reconstrucción del video a partir una capa base auto contenida sobre la que se añaden distintas capas que realzan la calidad. Esto permite que las aplicaciones generen un único flujo de bits con formato MPEG-4 para la transmisión sobre distintos anchos de banda o la recepción en máquinas con distintos requerimientos en complejidad computacional. Un caso especial en el que se necesita un alto grado de escalabilidad se da cuando una imagen estática se proyecta sobre objetos de dos o tres dimensiones. Para ofrecer esta funcionalidad, MPEG-4 incluye un modo especial para codificación de texturas estáticas utilizando una transformada *wavelet*.

Una escena audiovisual MPEG-4 está formada por uno o más objetos visuales. Esto quiere decir, que cada objeto de vídeo se caracteriza por cierta información temporal y espacial sobre la forma, movimiento y textura del objeto. Para ciertas aplicaciones de video esto puede no ser lo más apropiado, debido a la sobrecarga o la dificultad de generar los objetos de video. Para esas aplicaciones, MPEG-4 permite la codificación de *frames* rectangulares como un caso particular de objeto de forma arbitraria.

Un flujo de bits con información visual en formato MPEG-4 proporciona una descripción jerárquica de una escena visual. Cada nivel de la jerarquía puede ser accedido en el flujo mediante un valor correspondiente a un código especial

denominado código de comienzo (*start codes*). Los niveles jerárquicos que describen la escena como se muestra en la figura 1 más directamente son:

- **Secuencia de objetos visuales (SOV).** La escena MPEG-4 completa, que puede contener cualquier objeto natural o sintético en 2D ó 3D y sus correspondientes capas de realce.
- **Objeto de vídeo (OV).** Un objeto de video se corresponde a un objeto 2D particular de la escena. En el caso más simple se tratará de un *frame* rectangular, pero puede ser un objeto de forma arbitraria correspondiente a un objeto o fondo de la escena.
- **Capa de Objeto de Vídeo (COV).** Cada objeto de video puede codificarse de una forma escalable (multi-capa) o no escalable (única capa), dependiendo de la aplicación, representada por la capa de objeto de video (COV). La COV proporciona el soporte para la codificación escalable. Un objeto de vídeo puede codificarse usando escalabilidad espacial o temporal, yendo desde una baja resolución hasta la más alta posible. Dependiendo de parámetros como el ancho de banda disponible, la potencia de computación o las preferencias del usuario, la resolución deseada debe estar disponible para el decodificador. Existen dos tipos de capas de objeto de vídeo: una que proporciona todas las funcionalidades previstas por MPEG-4 y otra reducida, con cabeceras mucho más cortas. Cada objeto de vídeo es muestreado en el tiempo; cada muestra de un objeto de vídeo es un plano de objeto de vídeo. Estos planos de objeto de vídeo pueden agruparse formando un grupo de planos de objeto de vídeo.
- **Grupo de planos de un objeto de vídeo (GOV).** El GOV agrupa planos de objeto de vídeo. Los GOVs pueden proporcionar puntos en el flujo donde los planos de objeto de vídeo sean codificados unos independientemente de otros, para así proporcionar puntos de acceso aleatorio o directo al flujo. Los GOVs son opcionales.
- **Plano de objeto de vídeo (POV).** Un POV es una muestra en el tiempo de un objeto de video. Los POVs pueden codificarse independiente o dependientemente unos de otros usando compensación de movimiento.

Un *frame* de video convencional puede ser representado por un POV con forma rectangular.

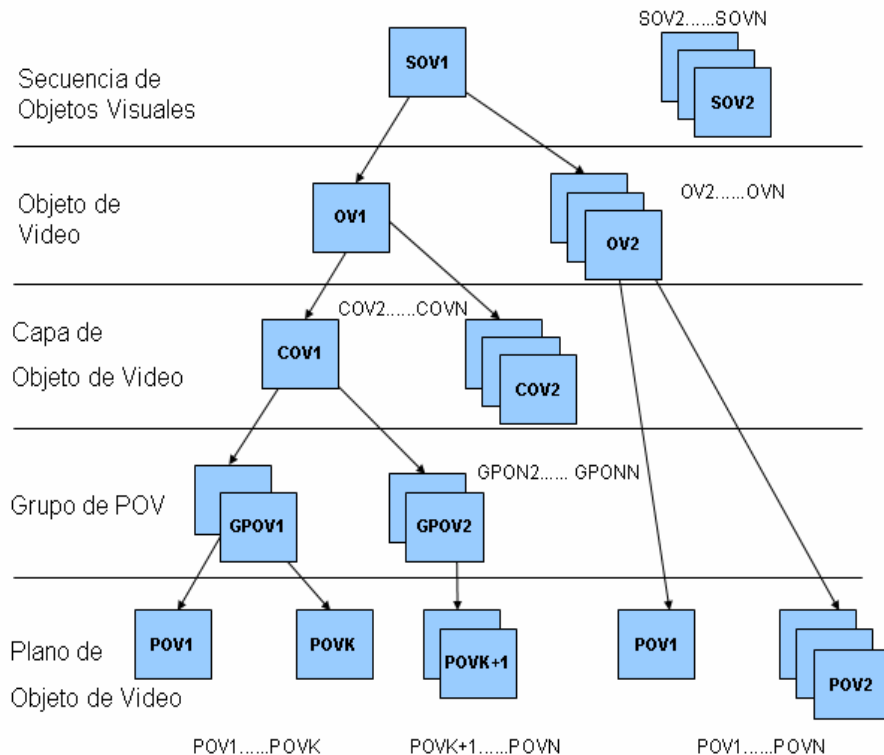


Figura 1: Ejemplo de la estructura lógica de un flujo de bits de vídeo MPEG-4[1].

Un plano de objeto de vídeo puede usarse de distintas formas. Comúnmente, el POV contiene los datos codificados de una muestra temporal de un objeto de video. En este caso, guarda los parámetros de movimiento, información sobre forma y datos de textura, el cual es codificado usando macrobloques. El POV puede usarse también para codificar un *sprite*. Un *sprite* es un objeto de video normalmente mayor que el video visualizado y es constante en el tiempo. Existen formas de modificar ligeramente un *sprite* cambiando su brillo o efectuando sobre él alguna deformación espacial. Suele usarse para representar áreas grandes y más o menos estáticas, como imágenes de fondo. Los *sprites* se codifican también mediante macrobloques.

Un macrobloque contiene una sección con el componente luminancia y los componentes de crominancia sub-muestreados en el espacio. El estándar visual MPEG-4 soporta únicamente un formato para la crominancia en un macrobloque, el formato 4:2:0. En este formato, cada macrobloque se compone de un bloque de luminancia de 16x16 píxeles y dos bloques de crominancia de 8x8 y se codifica mediante DCT (*Discrete Cosine Transform*). Un macrobloque contiene la información sobre forma, movimiento y textura.

Cada objeto de vídeo se codifica por separado. Por razones de eficiencia y compatibilidad hacia atrás, los objetos de video se codifican según sus correspondientes planos de objeto de video con un esquema híbrido de codificación similar al de los anteriores estándares MPEG.

1.1.3 Herramientas para la codificación de formas

El estándar visual MPEG-4 contempla dos tipos de información acerca de la forma como características inherentes de un objeto de vídeo: información binaria e información en escala de grises sobre forma. La información sobre forma en binario establece qué porción (píxeles) del soporte de un objeto pertenecen a un objeto de vídeo dado. La información binaria se representa generalmente mediante una matriz del tamaño del rectángulo que acota un POV. Cada elemento de la matriz tiene uno de los dos valores posibles, dependiendo de si el píxel pertenece o no al objeto de vídeo. La información en escala de grises es una generalización sobre el concepto de forma binaria y permite representar objetos transparentes y aplicar efectos *anti-aliasing*. En este caso, para la información se utilizan 8 bits en lugar de un valor binario.

- **Codificación binaria de forma**

En su forma normal, una forma binaria se representa mediante una matriz de valores binarios denominada *mapa de bits (bitmap)*. Existen otras representaciones para la información sobre formas, como por ejemplo las que usan representaciones geométricas o a través de su contorno, pero desde el principio MPEG adoptó la técnica de compresión basada en mapa de bits para la información sobre forma. Esto se debió principalmente a la relativa

simplicidad y la madurez de esta técnica, a lo que se puede unir los buenos resultados que ha dado en pruebas experimentales sobre eficiencia y complejidad computacional. Esta información sobre forma binaria se codifica mediante una técnica de compensación de movimiento basada en bloques que permite codificación tanto con pérdida como sin pérdida. En el algoritmo de compresión de vídeo de MPEG-4, la forma de cada POV es acotada por un marco rectangular de tamaño igual a un múltiplo de un rectángulo de 16x16 píxeles. La posición de este rectángulo de acotación puede elegirse de manera que contenga el mínimo número de bloques de 16x16 con píxeles transparentes. Los valores transparentes (0) son asignados a los píxeles que no pertenecen al POV y a los que definen su contorno. Sobre estos bloques de 16x16 en que se divide el marco de acotación se llevará a cabo (bloque a bloque) el proceso de codificación/decodificación. La matriz binaria que representa la forma de un POV suele denominarse *máscara binaria*. En esta máscara, cada píxel que pertenece al POV tiene como valor 255 y el resto de los píxeles se ponen, como hemos señalado, a 0 (transparentes). Después, esta matriz se divide en *bloques alfa binarios* (BAB) de tamaño 16x16, que son codificados por separado. Dado que estos BAB son marcos cuadrados, es frecuente que todos los píxeles de un BAB tengan el mismo valor, 0 (en cuyo caso se habla de un BAB o bloque transparente) ó 255 (que determina un bloque opaco).

El algoritmo de compresión de formas prevé distintos modos para codificar un BAB. Las herramientas básicas para codificar un BAB son el algoritmo de Codificación Aritmética basada en el Contexto (CAE) y las técnicas de compensación de movimiento. Los vectores de movimiento pueden calcularse buscando la posición que más concuerde (aquella que minimice la suma de diferencias absolutas) y son codificados diferencialmente.

- **Codificación de forma con escala de grises**

La información de forma en escala de grises tiene una estructura muy similar a la binaria, con la diferencia de que cada píxel (elemento de la matriz) puede tomar valor en un rango, generalmente 0-255, que representan el grado de transparencia de cada píxel. La escala de grises sobre forma se corresponde con la noción de plano alfa utilizada en informática gráfica, en la que el 0 corresponde a un píxel transparente y el 255 a un píxel completamente opaco. La información en escala de grises se codifica mediante DCT basada en bloques con compensación de movimiento similar a la codificación de texturas, permitiendo solamente codificación con pérdida. La codificación de forma con escala de grises también utiliza codificación binaria para su soporte.

1.1.4 Estimación y compensación de movimiento

La estimación y compensación de movimiento se utilizan frecuentemente en la compresión de secuencias de vídeo para aprovechar la redundancia temporal entre *frames*. La aproximación a la compensación de movimiento presente en el estándar MPEG-4 es similar a la realizada en otros estándares, con la diferencia de que las técnicas basadas en bloques de estos otros estándares han sido adaptadas para la estructura de POVs utilizada en MPEG-4.

MPEG-4 proporciona tres modos de codificación de la estructura de un POV, como muestra la figura 2. Estos son:

1. Un POV puede ser codificado independientemente de cualquier otro POV. En este caso, el POV codificado se denomina un *Intra POV* (I-POV).
2. Un POV puede ser predicho (utilizando compensación de movimiento) a partir de un POV previamente decodificado. Estos POVs suelen llamarse *Predicted POV* (P-POV).
3. Un POV puede ser predicho a partir de POVs anteriores y posteriores en el tiempo. Estos POVs se denominan *Bidirectional Interpolated POV* (B-

POV). B-POVs pueden ser interpolados sólo a partir de I-POVs o P-POVs.

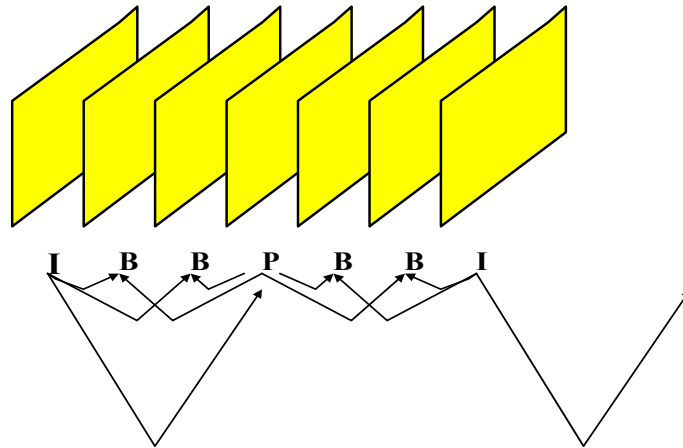


Figura 2. Modos de codificación de un POV. Los I-POV se codifican sin información sobre otros POVs. Los P y B-POVs se predicen a partir de otros P-POVs o I-POVs

Obviamente, la estimación de movimiento sólo es necesaria para los P-POVs y B-POVs. La estimación de movimiento se lleva a cabo sólo para macrobloques situados en el marco de acotación del POV en cuestión. Si un macrobloque está enteramente dentro de un POV, la estimación de movimiento se lleva a cabo de la manera habitual, basada en la concordancia de macrobloques de 16x16 u 8x8, en modo de predicción avanzado. Esto proporciona un único vector de movimiento para el macrobloque completo y uno para cada uno de sus bloques. Los vectores de movimiento se calculan con una precisión de media muestra. Para macrobloques que sólo pertenecen parcialmente al POV (pero incluidos dentro de su marco de acotación), los vectores de movimiento se estiman utilizando la técnica de concordancia del bloque modificado. En este caso, la discrepancia en la concordancia viene dada por la suma de las diferencias absolutas sólo de los píxeles del macrobloque que pertenecen al POV. En caso de que el bloque considerado esté en los mismos límites del POV se utiliza una técnica de relleno consistente en asignar valores a los píxeles externos al POV

1.1.5 Codificación de texturas

La información sobre la textura de un plano de objeto de vídeo reside en la luminancia Y y en las dos componentes de crominancia Cb y Cr de la señal de vídeo. En el caso de un I-POV, la información de textura reside directamente en las componentes de luminancia y crominancia, mientras que para los POVs que utilizan compensación de movimiento (B- y P-POVs) la información de textura representa el error residual después de la compensación de movimiento. Para codificar la información sobre textura se utiliza una DCT estándar basada en bloques de 8x8. Para codificar un POV de forma arbitraria, se coloca una rejilla de 8x8 sobre el POV. Usando esta rejilla, los bloques de 8x8 internos al POV se codifican sin modificaciones. Los bloques que contienen píxeles externos se tratan de diferente manera. Los bloques transformados con la DCT son cuantizados; en este paso puede utilizarse predicción de coeficientes individuales a partir de los bloques vecinos para reducir el valor de la entropía de los coeficientes. A continuación se realiza un recorrido por los coeficientes para reducir la longitud media de la codificación de los coeficientes, que son codificados mediante codificación de longitud variable.

1.1.5.1 DCT (*Transformada Discreta del Coseno*)

La textura de los bloques internos y de los bloques rellenos de los límites se codifican utilizando una DCT de 2D basada en bloques de 8x8. La DCT está especificada por IEEE1180 estándar para minimizar la acumulación de errores. Una vez llevada a cabo la DCT se realiza un proceso de cuantización.

- **Cuantización**

Los coeficientes de la DCT son cuantizados mediante un proceso de codificación con pérdida. Existen dos tipos de cuantización disponible. Ambas son, esencialmente, una división de los coeficientes por un valor determinado. El primer método utiliza una de las dos matrices de cuantización disponibles para modificar el valor de cuantización dependiendo de la frecuencia espacial

del coeficiente. El segundo método utiliza el mismo valor de cuantización para todos los coeficientes. MPEG-4 también permite una cuantización no lineal de los valores de la DCT.

- **Predicción de coeficientes**

La media de la longitud de los coeficientes cuantizados puede ser reducida mediante predicción a partir de los bloques adyacentes. La predicción puede llevarse a cabo desde el bloque superior, el de la derecha, izquierda o inferior, como muestra la figura 3. La dirección de la predicción es adaptativa y se selecciona según la comparación de gradientes DC horizontales y verticales (incremento o reducción de su valor) de los bloques vecinos A, B y C.

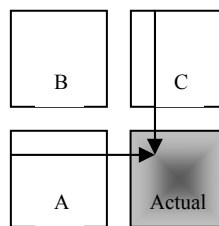


Figura 3: Candidatos para la predicción de coeficientes

Existen dos tipos de predicción posible:

- **Predicción DC.** La predicción se lleva a cabo a partir del coeficiente DC únicamente y puede efectuarse a partir del coeficiente DC del bloque A o del coeficiente DC del bloque C.
- **Predicción AC.** Los coeficientes de la primera fila o los de la primera columna del bloque actual son predichos a partir de los coeficientes adyacentes del bloque candidato seleccionado. Las diferencias en la cuantización del bloque candidato seleccionado se tienen en cuenta escalando la rata de cuantización.

1.1.5.2 Recorrido y codificación por rachas (*run length*)

Antes de que los coeficientes sean codificados mediante una codificación por rachas (*run length*) se aplica un procedimiento de recorrido que permite transformar los datos en dos dimensiones en una cadena unidimensional. Se tienen tres métodos de recorrido diferentes:

- **Recorrido en zig-zag.** Los coeficientes se leen diagonalmente.
- **Recorrido horizontal alterno.** Los coeficientes se leen enfatizando en la dirección horizontal primero.
- **Recorrido vertical alterno.** Análogo al recorrido horizontal, pero aplicado a la dirección vertical.

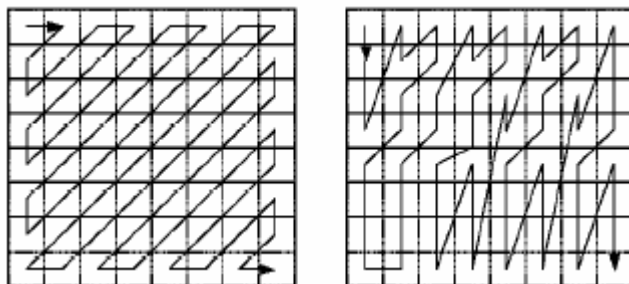


Figura 4: Recorrido en zig-zag y recorrido alterno vertical y horizontal

Fuente: Normas ISO de codificación de Contenidos Audiovisuales

Autor Carlos Mollat

El tipo de la predicción DC determina el método de recorrido que se llevará a cabo. Si no se realiza predicción DC, entonces se aplica recorrido en zig-zag; si se efectúa predicción DC en dirección horizontal, se realiza recorrido vertical alterno; cuando se ha hecho predicción DC en dirección vertical, se usa recorrido horizontal.

La codificación por rachas puede usar dos tablas VLC diferentes. Para determinar qué tabla VLC se tomará, se utiliza el valor del cuantizador.

1.1.5.3 Codificación entrelazada

Cuando el video que se va a codificar es entrelazado puede conseguirse eficiencia adicional en la codificación alternando de forma adaptativa entre codificación por campo y codificación por *frame*. La codificación de las texturas puede realizarse en modo campo DCT o en modo frame DCT, alternable sobre una base de macrobloque, que se definen como:

- **Codificación frame DCT.** Cada bloque de luminancia está compuesto de líneas de los dos campos alternativamente.
- **Codificación campo DCT.** Cada bloque de luminancia está compuesto de líneas de sólo uno de los dos campos.

La figura 4 ilustra un ejemplo de codificación DCT. El modo campo DCT se aplica sólo a los bloques de luminancia, mientras que los bloques de crominancia se codifican siempre en modo frame DCT.

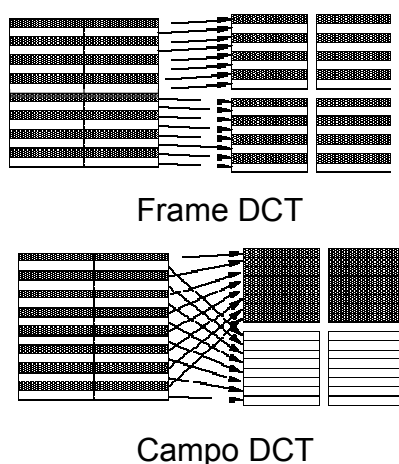


Figura 5: Estructura de un macrobloque de luminancia en codificación *frame DCT* (arriba) y en codificación *campo DCT* (abajo)

1.1.6 Tolerancia a fallos

Esta funcionalidad es de suma importancia para garantizar el acceso a medios mediante entornos propensos a errores, como las comunicaciones de telefonía móvil. MPEG-4 proporciona numerosos mecanismos para permitir tolerancia a fallos con diferentes niveles de robustez y complejidad. Estos

mecanismos se llevan a cabo a través de herramientas que proporcionan medios para la resincronización, detección de errores, recuperación de datos y ocultamiento de errores. La parte visual de MPEG-4 ofrece varias herramientas para la tolerancia a fallos. Entre las más importantes se encuentran:

- **Resincronización.** Esta es la forma más frecuente de proporcionar tolerancia a errores en un flujo codificado. Consiste en insertar marcas en el flujo de manera que, en caso de error, el decodificador puede avanzar hasta la siguiente marca y saltar los bits intermedios. Situado sobre esta marca, el decodificador puede continuar con la decodificación. MPEG-4 permite insertar marcas de resincronización después de un número más o menos constante de bits codificados (paquetes de vídeo), a diferencia de MPEG-2 y H.263 que sólo permitían resincronización después de un número constante de macrobloques codificados (normalmente una fila de macrobloques). Distintos experimentos han mostrado que la resincronización propuesta en MPEG-4 es una forma más eficiente de recuperación para errores en la transmisión.

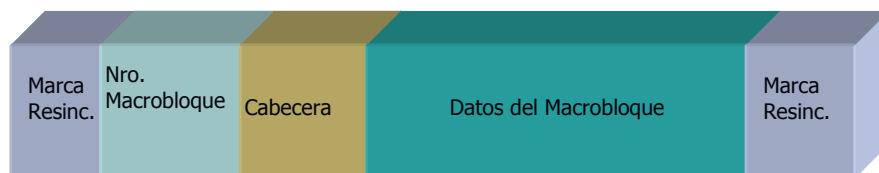


Figura 6: Resincronización (Inserción de marcas)[1].

- **Particionamiento de datos.** Este método separa los bits para la codificación de la información sobre movimiento de aquellos destinados a codificación de texturas. En caso de error, es posible soslayar de forma más eficiente un fallo ocurrido sólo en los bits de textura.

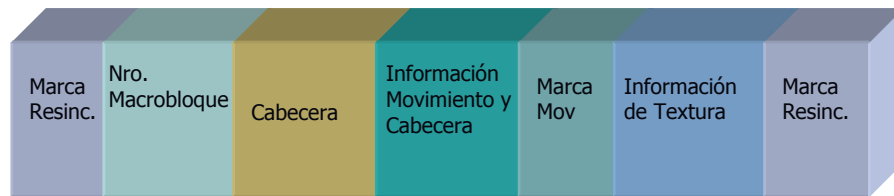


Figura 7: Particionamiento de data [1].

- **VLCs reversibles (RVLCs).** Estos VLCs permiten reducir aún más la influencia de errores en los datos decodificados. Los RVLCs son códigos que pueden ser decodificados tanto hacia adelante como hacia atrás. En caso de que suceda un error y sea necesario saltar hasta la siguiente marca de resincronización, es posible todavía decodificar partes del flujo corrupto en orden inverso y así limitar la influencia del error.

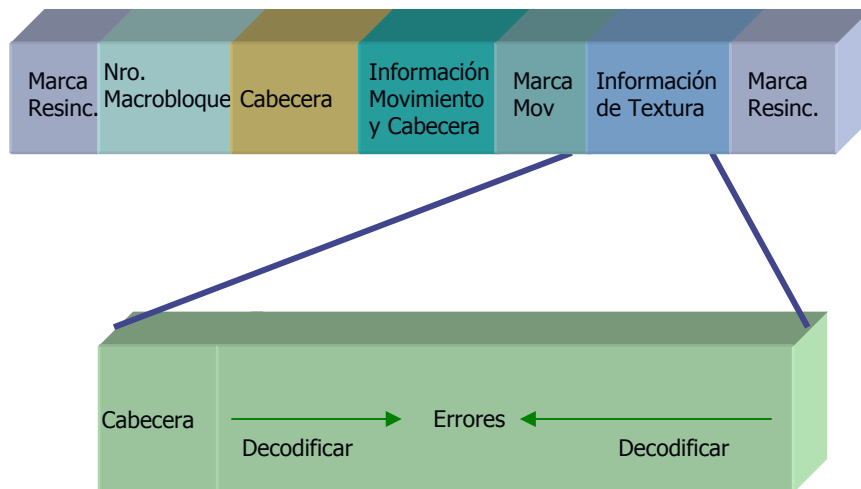


Figura 8: Códigos Reversibles[1].

1.1.7 Perfiles Visuales MPEG-4 [1].

La parte visual del estándar provee los perfiles necesarios para el contenido visual natural, sintético e híbrido (natural y sintético). Los 5 perfiles para contenido visual natural son:

- **Perfil Simple:** provee eficiente resistencia a errores con codificación rectangular de objetos utilizado principalmente en redes inalámbricas tal como IMT-2000.
- **Perfil Simple Escalable:** añade soporte de codificación temporal y espacial escalable a objetos del perfil simple. Generalmente es usado en aplicaciones donde la calidad es un factor delicado, tal es el caso de determinadas tasas de bits o decodificadores con recursos limitados tal como Internet.
- **Perfil Núcleo (Core):** añade soporte de codificación para formas determinadas y escalabilidad temporal a objetos del perfil simple. Es usado en aplicaciones donde existe cierto contenido interactivo por ejemplo aplicaciones multimedia en Internet.
- **Perfil Principal:** añade soporte para codificación entrelazada a objetos del perfil núcleo y es usada para aplicaciones *broadcast* y DVD.
- **Perfil N-bit:** añade soporte para codificación de objetos de video donde el rango de profundidad de los píxeles asociados al objeto se encuentran entre 4 y 12 bits del perfil núcleo.

Para contenidos sintéticos o híbridos el estándar especifica los siguientes perfiles:

- **Perfil Simple de Animación Facial:** como su nombre lo indica provee animación al modelo facial usado principalmente en aplicaciones de audio y video.
- **Perfil de Textura Escalable:** provee codificación espacial escalable (en la textura de la imagen) en aplicaciones donde los objetos están compuestos por múltiples niveles tal como es el caso de los video juegos y la alta resolución necesitada en las cámaras digitales.
- **Perfil de Textura Animado en 2D (básico):** provee codificación espacial escalable, escalabilidad *SNR* y animación basada en mallas para imágenes fijas.
- **Perfil Híbrido:** combina la habilidad de decodificar tanto objetos naturales como de contenido sintético.

Adicionalmente en versiones superiores se han añadido más funcionalidades representadas en nuevos perfiles las cuales están relacionadas con la relación señal a ruido de la imagen, la granuralidad de las mismas, las aplicaciones donde el tiempo real es imprescindible, eficiencia en la codificación empleada y perfiles de animación facial y corporal.

2 CAPÍTULO 2:

Tercera Generación

2.1 Tercera Generación

Los avances que en materia de sistemas de tercera generación adelanta la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), a finales de los años ochenta, se denominaron en un principio como Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres (FPLMTS – Future Public Land Mobile Telecommunication System). Actualmente se le ha cambiado de nombre y se habla del Sistema de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT-2000, International Mobil Telecommunication-2000) creado con el objetivo de valorar y especificar los requisitos de las normas celulares del futuro para la prestación de servicios de datos y servicios multimedia a alta velocidad

2.1.1 IMT International Mobile Telecommunications

IMT-2000 es una norma de la ITU para los sistemas de tercera generación que proporcionará acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones por medio de los sistemas satelitales y terrestres, para dar servicio a usuarios fijos y móviles en redes públicas y privadas en siglo XXI.

- **Objetivos de IMT-2000**

Los objetivos primarios de ITU para IMT-2000 son [4]:

- La eficacia operacional, particularmente para los datos y servicios de multimedia.
- Flexibilidad y transparencia en la provisión de servicio global.
- La tecnología conveniente para reducir la falta de telecomunicaciones, es decir, ofrecer un costo accesible para millones de personas en el mundo que todavía no tienen teléfono.
- La incorporación de una gran variedad de sistemas.
- Alto grado de uniformidad en el diseño a escala mundial.
- Alto nivel de calidad, refiriéndose a la calidad comparable con la de una red fija.
- Utilización de una terminal de bolsillo a escala mundial.

- La conexión móvil-móvil y móvil-fijo.
- La prestación de servicios por más de una red en cualquier zona de cobertura.

2.1.2 Requerimientos de un Sistema de Tercera Generación

- Alta velocidad en transmisión de datos, hasta 144 kb/s, velocidad de datos móviles (vehicular); hasta 384 kb/s, velocidad de datos portátiles (peatonales) y hasta 2 Mb/s, velocidad de datos fijos (terminal estático).
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- Servicios de conmutación de paquetes en modo circuito, tales como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.
- Calidad de voz comparable con la calidad ofrecida por los sistemas fijos.
- Mayor capacidad y mejor eficiencia en el uso del espectro con respecto a los sistemas actuales.
- Capacidad de proveer servicios simultáneos a usuarios finales y terminales.
- Incorporación de sistemas de segunda generación y posibilidad de coexistencia e interconexión con servicios móviles por satélite.
- Itinerancia internacional entre diferentes operadores ("Roaming Internacional").

Los sistemas de tercera generación deberán proveer soporte para aplicaciones como:

- Desde voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Apoyo para datos a alta velocidad para navegar por la *world wide web*.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, que incluye operaciones bancarias y compras móviles.
- Aplicaciones de audio/video en tiempo real como videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

En Europa, el Instituto Europeo de Telecomunicaciones (ETSI) ha propuesto la norma paneuropea de tercera generación UMTS (Universal Mobile Telecommunication System [5]). UMTS es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de UIT. En Estados Unidos el Instituto Americano de Estándares (ANSI) sigue trabajando en la evolución de sistemas AMPS/IS-136 y CDMA/IS-95. Por otra parte, en Japón la Asociación de Industrias de la Radio y Radiodifusión (ARIB) también está trabajando en CDMA para la elaboración de normas de tercera generación.

Los organismos regionales de normalización de Europa, de EUA, de Japón y Corea trabajaron en propuestas separadas de la norma W-CDMA, estos entes regionales sumaron esfuerzos en el Proyecto de Asociación 3G (3GPP), y hoy en día existe una norma conjunta W-CDMA.

La ITU recibió tres familias de propuestas (WCDMA, cdma 2000 y UWC 136) y tres propuestas TDD (UTRA /TDD, TDD-SCDMA y DECT). Posteriormente se han coordinado esfuerzos para armonizar los candidatos IMT- 2000 y finalmente disponer de las normas comprimidas de tercera generación.

2.1.3 Asignación del espectro para IMT-2000

La asignación de espectro para IMT-2000 se realizó en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones 1992, WARC 92 [6], asignando 230 MHz en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz. IMT-2000 comprende también una componente satelital que facilitará los aspectos de *roaming* internacional, así como la obtención de comunicaciones en lugares donde no haya disponibilidad de sistemas terrestres, complementando las celdas macro, micro y pico. Debido al crecimiento de Internet, las Intranets, el correo y el comercio electrónico y los servicios de transmisión de imágenes y sonido; se han elevado la demanda de servicios de banda ancha, teniéndose que incrementar los requerimientos de espectro para IMT-2000.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones WRC-2000 celebrada en Estambul en el año 2000, proporciona tres bandas extras quedando compuesto el espectro para IMT-2000 de la siguiente forma:

2.1.3.1 Componente terrenal:

806-960 MHz	WRC 2000
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

2.1.3.2 Componente Satelital:

1980-2010 MHz	WARC 92
2170-2200 MHz	WARC 92
2500-2520 MHz	WRC 2000
2670-2690 MHz	WRC 2000

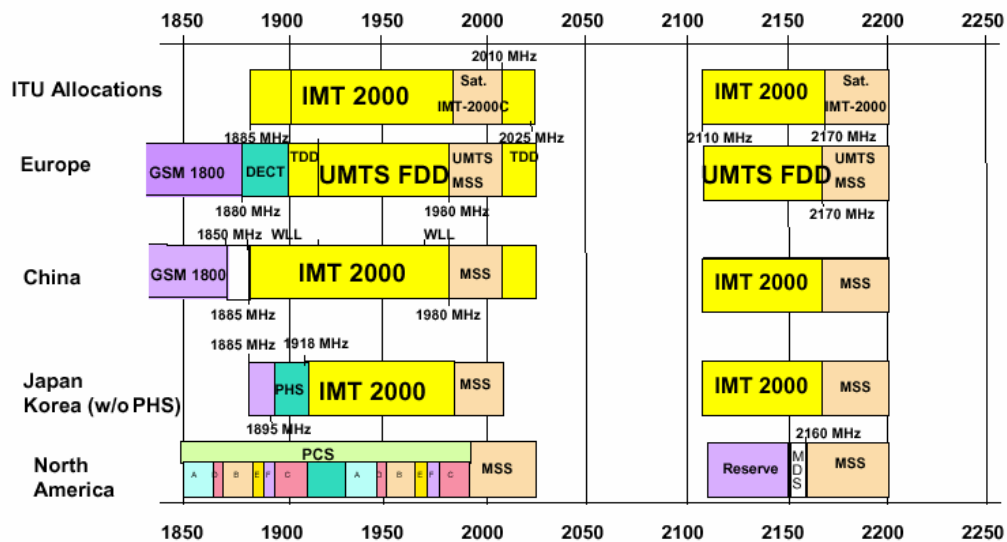


Figura 9: Asignación de frecuencias IMT-2000

Fuente: [4]

2.1.4 INTERFACES DE AIRE IMT-2000

Uno de los elementos más importantes para la definición de las características operativas del IMT-2000, es la selección de la Tecnología de Transmisión de Radio (RTT), también denominada interfaz de aire, parte del sistema que transporta una llamada entre la estación base o móvil y la terminación del usuario.

En 1998 la UIT denominó RTT (Radio Transmission Technology) a las tecnologías que harían de interfaz de aire entre las estaciones base y los terminales móviles. Las distintas interfaces propuestas ante la Unión Internacional de telecomunicaciones están basadas en CDMA que se acompañan de tres modalidades de operación, cada una de las cuales podría perfectamente funcionar sobre la red base de GSM y sobre la red base CdmaOne (IS-41).

Las especificaciones técnicas de las RTT terrestres fueron aprobadas en la WRC -2000 (World Radiocommunication Conference 2000) [7] y se definieron como sigue:

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

2.1.5 Evolución de los sistemas celulares a 3G

Los distintos entes involucrados en los sistemas 3G han propuesto, básicamente, dos sistemas de tercera generación: CDMA2000 Y UMTS. En los siguientes diagramas se muestra la evolución de los sistemas celulares hacia la tercera generación.

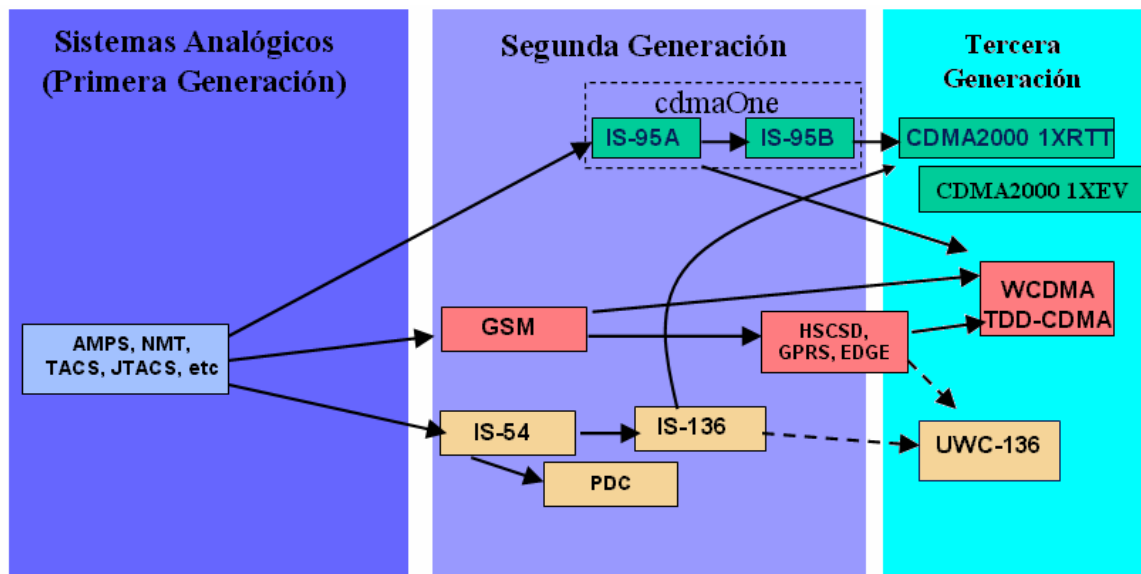


Figura 10: Evolución hacia 3G

Fuente:[8]

		1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
IMT-2000	3 G									
Digital	2 G									
Analógico	1 G									
Desarrollo de 2G										
Fase de Transición										
Consolidación de IMT-2000										

Figura 11: Tiempo de las fases de evolución hacia 3G

Fuente:[8]

2.1.6 UMTS / WCDMA

Entre todas las tecnologías consideradas para la interfaz de aire de UMTS, ETSI eligió en enero de 1998 la nueva tecnología WCDMA (Wideband

Code Division Multiple Access), en operación FDD (Frequency Division Duplex) espectro pareado, aunque también se ha tenido en cuenta la TD/CDMA en operación TDD (Time Division Duplex) espectro no-pareado para uso en recintos cerrados, lo que constituye la solución llamada UTRA (Universal Terrestrial Radio Access). WCDMA es una técnica de acceso múltiple por división de código que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz. El esquema de acceso UTRA se constituye de la siguiente forma [7] :

- **UTRA FDD:** Esquema de acceso multiple: W-CDMA

Modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying) en el enlace de subida denominado *Uplink* QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) en el enlace de bajada denominado *Downlink*

- **UTRA TDD:** Equema de acceso multiple: Hibrido W-CDMA + TDMA

Y la modulación utilizada es QPSK.

FDD usa dos radio frecuencias distintas, tanto para el *uplink* como para el *downlink* estas son llamadas bandas pares con un ancho de 60 MHz y TDD utiliza la misma radio frecuencia para el *uplink* como para el *downlink* ubicada en lo que se le denomina bandas impares. En la mayoría de los casos el modo FDD es el predominante. Para el DL se usa un *spreading factor* de 4 a 512 con modulación QPSK y códigos de canalización OVSF (Ortogonal Variable Spreading Factor). La rata de modulación por símbolo es de 960 kbps a 7.5 kbps. El modo FDD es idóneo para servicios simétricos, con una amplia gama de velocidades y el modo TDD resulta adecuado para servicios asimétricos en entonos de interiores y microcelulares. En este modo, los requisitos de sincronización son más estrictos y exigen mayores márgenes (*overhead*) para los tiempos de guarda y rampas de variación de potencia.

- **Bandas Emparejadas (Paired Bands)**

Enlace Ascendente: 1920 – 1980 MHz

Enlace Descendente: 2110 – 2170 MHz

60 MHz = 12 Portadoras

- **Bandas no emparejadas (Unpaired Bands)**

2010 – 2025 MHz

1900 – 1920 MHz

35 MHz = 7 Portadoras

En el enlace ascendente hay 2^{24} códigos complejos largos (38400 chips) y otros tantos cortos (256 chips) y en el descendente hay $2^{18}-1$ códigos de los que se utilizan 8192 distribuidos en 512 grupos de 16 códigos cada uno. Esto hace que para el DL, el código de aleatorización identifica la célula y para el UL el código de aleatorización identifica el móvil.

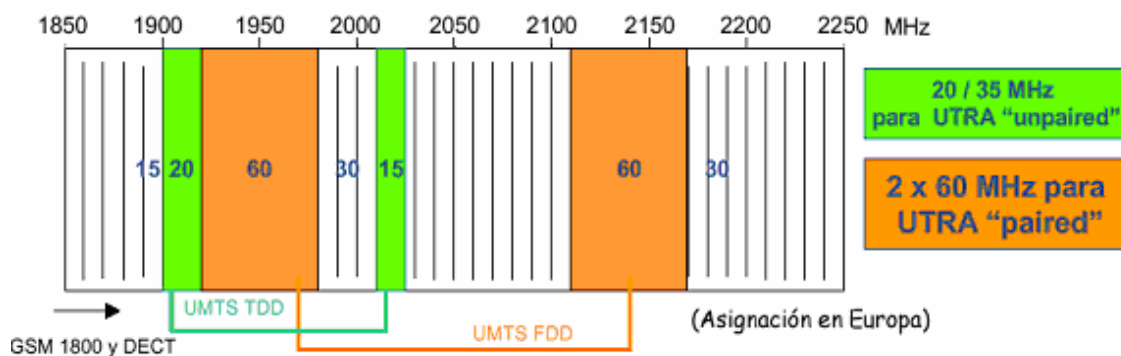


Figura 11: ESPECTRO DE UMTS (FDD,TDD)

Fuente:[8]

2.1.6.1 Arquitectura de Interfaz de Radio

WCDMA utiliza una arquitectura de capas parecida a otros sistemas inalámbricos. Para la interfaz entre el Nodo B (Estación Radio Base) y el User Equipment (Equipo Móvil) denominado el enlace de bajada, existe un protocolo de capa 3.

Estas capas son:

Capa 3

Capa 2

Capa 1

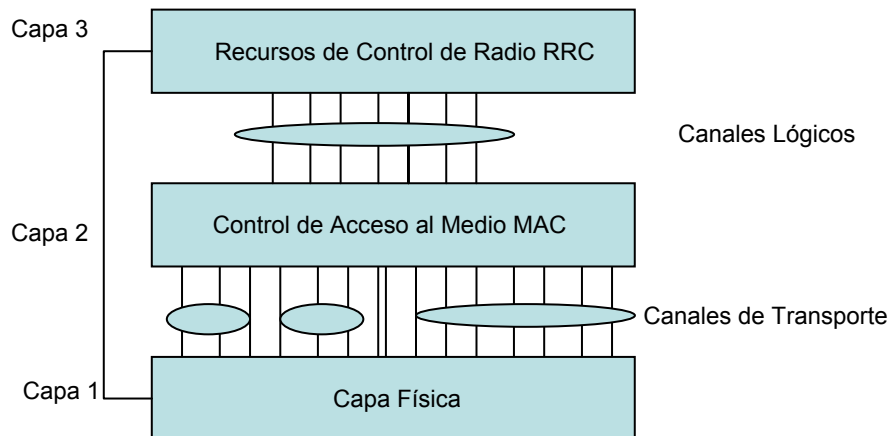


Figura 12: Arquitectura de WCDMA

Empezando por la capa 3, esta provee funciones de manejo de recursos (RRM Resource Management) y control de recursos de radio (RRC Radio Resource Control), manejo de movilidad (MM Mobility Management), manejo de conexión (CM Connection Management) y control de enlace lógico (LLC Logical Link Control). Esto está dividido en plano de control (C-plane) y plano de usuario (U-plane). El plano de control lleva la interfaz de aplicación y la señalización de portadoras. El plano de usuario ofrece protocolo de *frame* para la transferencia de la data de usuario a través de la interfaz y los protocolos de transporte.

La capa 2 provee servicios y funciones tal como el control de acceso al medio (MAC), control de enlace de radio (RLC Radio Link Control), protocolo de convergencia de paquetes de datos (PDCP Packet Data Convergence Protocol) y control broadcast/multicast (BMC).

La capa 1 transporta la información desde y hacia la sub-capas MAC, además de las capas superiores.

2.1.6.2 WCDMA Capa Física

Para trabajar a nivel de la capa física es necesario del conocimiento de técnicas de modulación, códigos extendidos y codificación de los canales.

La capa física es la capa más baja del modelo de protocolo de WCDMA como interfaz de aire. Esta tiene como fin atender diferentes aspectos dependiendo si se trata de un equipo de usuario UE (User Equipment) o si se trata de un móvil denominado nodo B. Esta capa posee interfaces lógicas con las sub-capas MAC y RRC. La interfaz con la primera es denominada interfaz PHY, y es utilizada para la transferencia de datos (canales de transporte) y la interfaz CPHY (Control PHY) se encuentra entre la capa 1 y la sub-capa RRC, y es usada para el control y medición de la información transferida; esta interfaz es únicamente utilizada en y para la administración de la capa 1, y la información adquirida por ésta no es enviada a través de la interfaz de aire.

El sistema UTRAN puede trabajar en dos modos, FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), y estos dos modos establecen distintos requerimientos para la funcionalidad de la capa 1. En el modo FDD tanto el enlace de bajada como el de subida utilizan distintas bandas de frecuencia, y en el caso TDD dichos enlaces se encuentran en la misma banda de frecuencia pero en diferentes ranuras de tiempo. Entonces se puede decir que CDMA-TDD es ahora el sistema híbrido de CDMA/TDMA por las componentes en ranuras de tiempo. Un canal físico utilizando el modo FDD está definido como una frecuencia o portadora y un código, y en el modo TDD se debe adicionar una secuencia de ranuras de tiempo.

La velocidad de transmisión de un chip en la interfaz aérea del estándar UTRAN es de 3.84 Mcps; lo que implica que una trama de duración de 10 ms es dividida en 15 ranuras de tiempo, las cuales hacen 2560 chips/ranura de tiempo; esto quiere decir, que cada ranura de tiempo puede transferir 2560 bits; sin embargo, esta velocidad de transmisión total disponible, y la velocidad que cada usuario puede tener, depende del factor de extendido SF (Spreading Factor) usado en el canal. Para poder entender un poco más este concepto, se

puede exponer que en el modo FDD los SF son desde 4 hasta 256 para el enlace de subida y de 4 a 512 para el enlace de bajada. En el modo TDD son desde 1 hasta 16 en ambas direcciones, esto otorga velocidades de transferencia desde 7500bps hasta 960kbps para FDD y desde 240kbps hasta 3.84Mbps para el caso TDD. Es importante destacar que la información dada es para canales sencillos, y que cada usuario puede disponer de varios canales de manera simultánea.

La capa física debe realizar las siguientes funciones:

- Codificación y decodificación para corrección de errores de los canales de transporte.
- Mediciones e indicaciones de radio a las capas superiores.
- Macro diversidad, distribución, combinación y ejecución del hand off.
- Detección de errores de los canales de transporte.
- Multiplexado de los canales de transporte y demultiplexado de CCTrCHs.
- *Rate Matching*
- Mapeo de los CCTrCHs en los canales físicos.
- Modulación, *spreading* /Demodulación, *despreading* de los canales físicos.
- Sincronización en tiempo y frecuencia.
- Control de potencia.
- Peso de potencia y combinación de los canales físicos.
- Procesamiento de RF.
- Avance del tiempo en el enlace de subida (sólo modo TDD).
- Soporte para la sincronización en el enlace de subida (sólo modo TDD).

Según esto, las funciones más importantes para UTRAN están basadas en la codificación y decodificación para control de errores. El esquema FEC (Forward Error Correction) tiene como fin la reducción de los errores de transmisión. La codificación para corrección de errores es llamada generalmente codificación de canal. La idea es la de adicionar redundancia a los bits transmitidos, de tal

forma que los bits equivocados o errados puedan ser corregidos en el receptor. En la actualidad existen muchos esquemas de corrección de errores, sin embargo dependiendo de la funcionalidad y de los requerimientos del canal unos u otros serán utilizados.

En el estándar UTRAN se emplean tres esquemas: el primero los códigos convolucionales, los turbo códigos y por último los códigos no correctores del todo. Los códigos convolucionales pueden ser utilizados para bajas velocidades de transferencia de información, y los turbo códigos por el contrario son utilizados para las altas velocidades de transferencia de datos. Esta última no es compatible con bajas velocidades debido a que esto significa bajas velocidades en el *interleaver* interno, lo que se traduce en un desempeño pobre. El sistema UTRAN aprende de la información de la capacidad del Equipo de Usuario, aunque este soporte turbo códigos, así que ésta sabe que códigos usar con cada UE en particular. Esto significa que si un código de corrección de error no es necesario, simplemente se deja afuera del proceso, sin que esto genere ningún inconveniente.

La tasa de código indica el número de bits a la entrada y el número de bits en la salida en función de la codificación del canal. En los códigos convolucionales y en los turbo códigos, típicamente la medida es de $1/2$ y $1/3$, esto quiere decir que si entra 1 bit ,salen 2 ó salen 3 dependiendo del caso.

En UTRAN la codificación de canal se combina con la función de corrección de error llamada CRC. Esto significa que la codificación pretende arreglar tantos errores como sea posible, lo que se traduce en que se aplica el CRC así no se hayan detectado errores anteriormente, entonces, al ser detectados paquetes erróneos se indica esto a las capas superiores y se produce la retransmisión de información. Esta retransmisión de datos corruptos u olvidados se produce desde la capa RLC. Los canales BCH, PCH RACH utilizan los códigos convolucionales a una tasa de $1/2$, mientras que los canales CPCH, DCH, DSCH, FACH utilizan los tres tipos de esquemas a distintas tasas como $1/2$ ó $1/3$ en el caso de los códigos convolucionales y $1/3$ en caso de los códigos turbo.

2.1.6.3 Canales Lógicos, de Transporte y Físicos

WCDMA usa la estructura de capa 3 para llevar la información de control y la data de usuario entre capa 1 y 2. Estos tres tipos de canales son, lógicos de transporte y físicos.

2.1.6.3.1 Canales Lógicos

Los canales lógicos proveen servicio de transferencia de data de la capa MAC y ella está dividida en dos grupos, canales de control y canales de tráfico.

Canales de Control CChs

- **BCCH *Broadcast Control Channel*:** Un canal *downlink* para un sistema de control de información *broadcasting*, tal como los valores del código expandido entre una celda y sus celdas vecinas, la potencia transmitida y otros parámetros del sistema.
- **PCCH *Paging Control Channel*:** Este canal es utilizado cuando la red quiere comunicarse con un UE pero no sabe específicamente cual es su locación exacta.
- **CCCH *Common Control Channel*:** Es un canal bidireccional para transmitir información de control entre la red y los UE.
- **DCCH: *Dedicated Control Channel*:** Es un canal bidireccional punto a punto que transmite información de control dedicada entre un único UE y la red.

Canales de Tráfico TrChs

- **DTCH *Dedicated Traffic Channel*:** Es un canal punto a punto que es dedicado al servicio de un UE para la transferencia de información de usuario

- **CTCH *Common Traffic Channel*:** Es un canal punto multipunto downlink usado para transmitir información de usuario dedicada para todos o un grupo de Equipos de Usuarios específicos

2.1.6.3.2 Canales de Transporte

Los canales de transporte son los responsables de mapear la información de capa 2 a capa 1. Todos los canales de transporte son unidireccionales. La conexión entre un Nodo B y un UE puede llevar uno o varios canales de transporte simultáneamente. Los canales de transporte son clasificados en dos grupos, canales de transporte dedicados y canales de transporte comunes.

Canal dedicado de transporte DCH

DCH es el único tipo de canal dedicado de transporte. El DCH es transmitido sobre una celda entera y lleva toda la información de las capas para un usuario dado, las cuales incluye data e información de control. Un canal DCH soporta diversas tasas de transferencia de datos y servicio de multiplexación. El flujo de datos de salida es denominado *Coded Composite Transport Channel* (CCTrCh). Para el *downlink*, se usan múltiples CCTrCh (modo FDD) a diferencia del *uplink* donde sólo se usa un canal (FDD).

Canales Comunes de Transporte

Para estos canales los recursos se comparten entre todos o un grupo de usuarios en una celda. *Soft* y *softer handover* no se deben usar en estos canales. Los siguientes son los canales de transporte comunes:

- **BCH *Broadcast Channel*:** Es un canal del *downlink* que lleva la información de una celda específica y es transmitida sobre la celda entera.

- *FACH Forward Access Channel*: Es un canal del *downlink* que lleva información de control a los UEs.
- *PCH Paging Channel*: Es un canal del *downlink* que se transmite sobre la celda entera. En este canal se lleva la información relevante del proceso de paging
- *RACH Random Access Channel*: Es un canal del *uplink* que lleva la información de control del terminal, tal como es realizado en una conexión para el requerimiento de instalación del RRC.
- *CPCH Common Packet Channel*: Es un canal del *uplink* basado en paquete, está asociado a un canal dedicado sobre el *downlink* que provee control de potencia y control de comandos CPCH para el *uplink*
- *DSCH Downlink Shared Channel*: Es un canal del *downlink* el cual es compartido por múltiples UEs. Este canal lleva información de control y/o data dedicada del usuario.

2.1.6.3.3 Canales Físicos

Los canales físicos están bien especificados por su frecuencia, fase y código. Similarmente a los canales de transporte, los canales físicos son clasificados en canales dedicados y canales comunes, tanto para el *downlink* como para el *uplink*.

Canales físicos del Uplink

Canales Dedicados

- *DPDCH Dedicated Physical Data Channel*: Este canal lleva data de usuario e información de señalización de capas superiores y su bit rate se puede cambiar trama a trama (10 ms). El factor de ensanchamiento tiene un rango desde 4 hasta 256.
- *DPCCH Dedicated Physical Control Channel*: Contiene información de control tal como: los bit pilotos, información de feedback (FBI), control de transmisión de potencia (TPC) y un formato opcional indicador de

combinación de transporte (TFCI). El factor de ensanchamiento es siempre 256 (15 ksps tasa de símbolos en el canal). Este valor constante es para asegurar la detección.

Canales Comunes

- *PRACH Physical Random Access Channel*: Este canal lleva la información proveniente del canal RACH. El mensaje PRACH se constituye en dos partes una parte es la data la cual es mapeada por el canal de transporte, y una parte de control que lleva la información de capa 1. El factor de ensanchamiento para los segmentos de la data es de 256 (15ksps) a 32 (120ksps). Este factor es de 256 siempre para los segmentos de control.
- *PCPCH Physical Common Packet Channel*: Es el canal que lleva la información del canal CPCH. La transmisión del CPCH está basada en *Digital Sense Multiple Access-Collision Detection* (DSMA-CD). Los UEs comienzan la transmisión en un *slot* de tiempo definido que es idéntico al RACH. El PCPCH accede a la transmisión incluyendo uno o múltiples preámbulos (A-P) sobre 4096 chips.

Canales Físicos del Downlink

Canales Dedicados

La información de capa 2 específicamente el DCH es llevada por el DPCH *Downlink Physical Channel*, el cual puede ser uno o varios; este canal consiste en dos tipos de canales a su vez. Similar al *uplink*, se tiene el DPCCH y DPDCH los cuales se encuentran multiplexados en cuadratura. El factor de ensanchamiento del DPCH puede ser 512, 256, hasta 4.

Canales Comunes

- **CPICH *Common Pilot Channel*:** Este canal piloto es usado para estimación de canal y medida de frecuencias de celdas vecinas para la realización del *soft handover*. Este canal toma del 5% al 15% del total de la potencia transmitida por la BTS, esto es relativamente bajo en comparación a la norma IS-95 donde la potencia del canal piloto es típicamente de 20% a 25% de la potencia total transmitida por la Radio Base. El CPICH usa una secuencia predefinida de bits/símbolos, transmitida a 15ksps con un factor de ensanchamiento de 256. A su vez este puede dividirse en dos tipos, P-CPICH (Primario) y S-CPICH (Secundario).
- **P-CCPCH *Primary Common Control Physical Channel*:** Es el que lleva la información del canal BCH sobre la celda completa este usa un código de canalización fija con un factor de ensanchamiento de 256
- **S-CCPCH *Secondary Common Control Physical Channel*:** Lleva el FACH y el PCh del canal de transporte, y esos canales pueden ser mapeados al mismo S-CCPCH. El factor de ensanchamiento es de 256 hasta 4.
- **SCH *Synchronization Channel*:** Es usado para buscar un *slot*/trama de sincronización. También se divide en primario y secundario.
- **AICH *Acquisition Indicator Channel*:** este canal lleva la información de aceptación correspondiente a los preámbulos del canal PRACH.
- **PICH *Paging Indicator Channel*:** Lleva la indicación de *paging* de los UEs. Este usa un factor de ensanchamiento fijo de 256 además de que una trama de 10 ms contiene 300 bits.
- **PDSCH *Physical Downlink Shared Channel*:** Este canal es compartido por un grupo de usuarios del *downlink* que utilizan códigos de canalización para servicios de paquetes de datos.

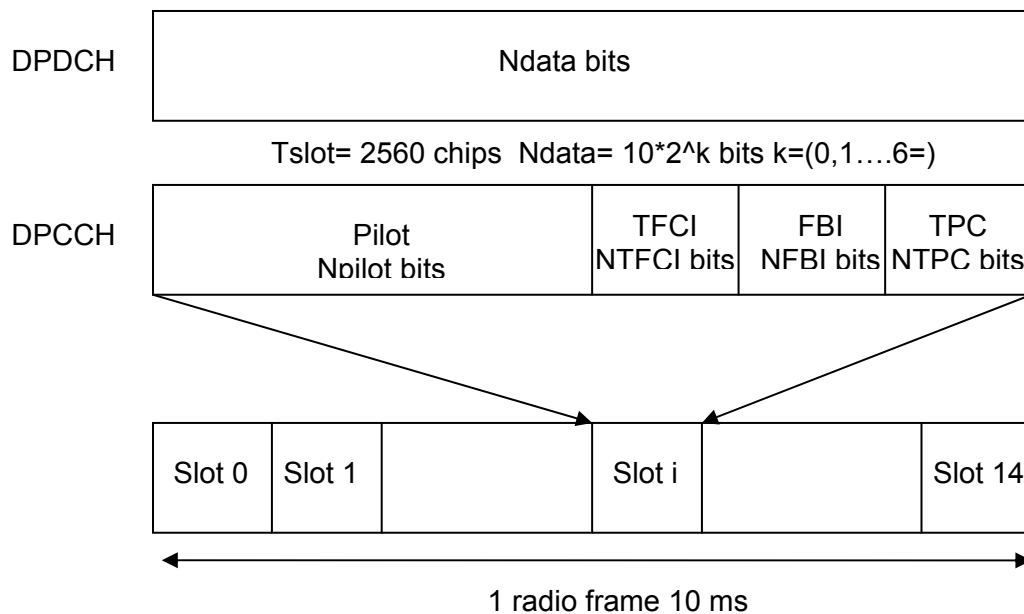


Figura 13: ESTRUCTURA DE LOS CANALES DPDCH Y DPCCH [10].

Según lo analizado, se pueden especificar las características técnicas de la interfaz de radio WCDMA; las mismas se enumeran a continuación:

- Tasa básica de chip de 4.096 Mcps con espaciado de portadora desde 4.4 a 5 MHz dependiendo del escenario o situación.
- Espaciado múltiplo de la portadora de 200 KHz para la capacidad de la Segunda Generación (2G).
- Más altas tasa de chip con 8.192 y 16.384 Mcps.
- Tasa variable de esparcimiento para ambas direcciones.
- Bajas y medias tasas de bit con un código simple.
- Altas tasas de bit con soluciones multicódigo.
- Detección coherente en ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo.
- Longitud de la trama de 10 milisegundos (ms).
- Operación asíncrona.
- Códigos cortos de esparcimiento con códigos opcionales largos en el *uplink*.
- Esparcimiento híbrido (factor variable de esparcimiento más multicódigo) para soportar transmisión a tasa variable.
- Soporte flexible para servicios de tasa variable.

- Separación de datos en la capa 1 y control en diferentes canales físicos.
- Tasa de información explícita.
- Rápido control de energía para ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo.

3 CAPÍTULO 3:

Handoff en 3G

3.1 Handoff en 3G

Handoff es un elemento esencial para las comunicaciones inalámbricas, este método es necesario para mantener la comunicación durante el tiempo de conexión y debe ser tal que minimice los efectos producidos por la transferencia, debe poseer baja latencia, poseer muy baja o nada de pérdida de paquetes, bajos requerimientos del buffer y proveer eficientemente los recursos. Para ello se debe incluir además, alta tasa de salida de datos, un gran reuso de frecuencias y, bajos requerimientos de potencia de transmisión. 3G está más allá de adoptar arquitecturas micro/pico celular, en consecuencia se usan celdas más pequeñas lo que incrementa la rata de handoff.

Varios esquemas de handoff se han investigado en vías de reducir la probabilidad de handoff fallido. El esquema no priorizado (NPS) ha sido utilizado en múltiples esquemas de comunicación personal (PCS). En NPS se mantiene la llamada de handoff de la misma manera que una nueva llamada, entonces los recursos son compartidos entre las llamadas de handoff y las nuevas llamadas. Precisamente este esquema proporciona que al ser los recursos compartidos aumenta la probabilidad de handoff fallido. El esquema de canal de guarda (GCS) es usado para reservar un porcentaje fijo en la estación base para las llamadas handoff; este porcentaje generalmente es alto y es adecuado a las características de calidad de servicio de la red, a expensas de rechazar nuevas llamadas. La ventaja de este esquema es que no es necesario realizar grandes cambios en la estación base ni a la información contenida en ella; sin embargo, si en algún momento hay pocas llamadas handoff el uso de los recursos es inapropiado, por lo que es necesario un mecanismo de asignación de recursos que maneje eficientemente el ancho de banda y la calidad de servicio (QoS) de las llamadas handoff.

3.1.1 Células.

Antes de la invención de las células, se usaban radioteléfonos que transmitían hacia una antena central en cada ciudad con 25 canales disponibles. Las desventajas de este sistema eran que exigían transmisores

muy potentes, o al menos, lo suficiente para transmitir a 60 o a 80 km. Esto implicaba un sistema muy caro y frecuencias insuficientes.

En las décadas de los 70's y los 80's fue inventado el sistema de células. Una célula es un área determinada, pequeña, que tiene las ventajas de requerir transmisores mucho menos potentes que uno del sistema anterior y el uso extensivo de frecuencias en todas las ciudades, a través del reuso

Esto se realiza a través del reparto de una zona en varias células (áreas más pequeñas), de forma hexagonal, para poder abarcar todo el espacio. En cada célula existe una estación base transmisora, con lo cual, se pueden tener múltiples canales para el uso de decenas de celulares de manera simultánea. Cuando un usuario pasa de una célula a otra deja la frecuencia o el canal que estaba utilizando, para el uso de otro celular, y toma la frecuencia libre o el canal de la célula a la que pasó.

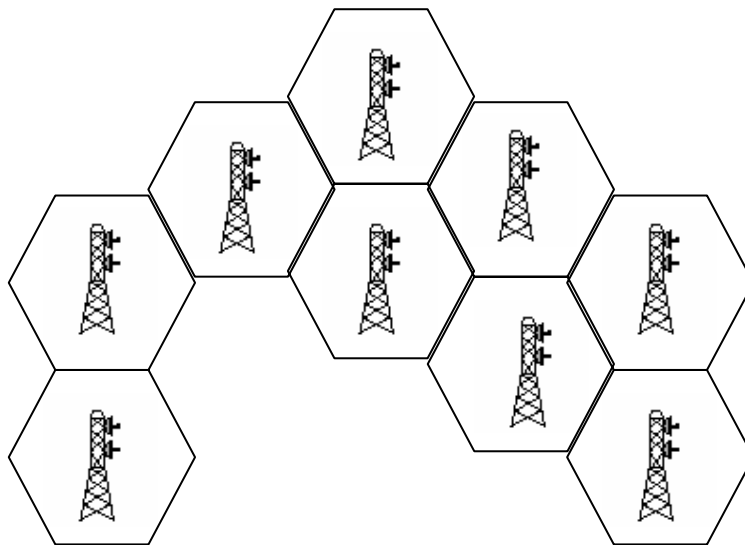


Figura 14: Estructura de células

Como las distancias de transmisión no son muy grandes, los teléfonos móviles pueden transmitir con poca energía; por lo tanto, basta con pequeñas baterías que permiten un tamaño y peso reducido. Por lo anterior, es que son usadas las células en la telefonía celular.

3.1.2 Handoff.

La transición del enlace de comunicación de una estación base a otra, aledaña, se conoce como “handoff”.

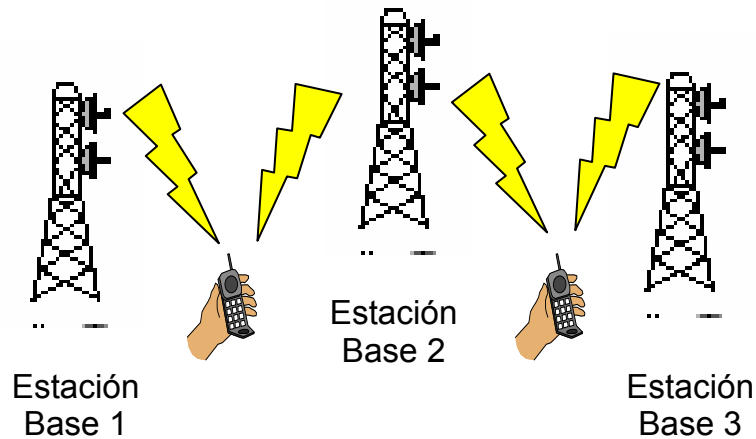


Figura 15: Handoff

El sistema CDMA define diferentes procesos de “handoff”, que se explican a continuación.

El primero es el “soft handoff”. Durante el “handoff”, un móvil mantiene, simultáneamente, conexión con dos o tres estaciones base. Cuando el móvil se mueve de su célula actual (fuente) a la siguiente célula (objetivo), siempre se mantiene una conexión de canal de tráfico con ambas células. En el enlace de bajada, el móvil usa el receptor múltiple o “rake receiver” para demodular dos señales separadas de dos estaciones base diferentes. Las dos señales se combinan para obtener una señal compuesta de mejor calidad. En el enlace de subida, la señal que transmite el móvil se recibe por ambas estaciones base. Las dos células demodulan la señal por separado y envían las tramas demoduladas al centro de conmutación móvil (MSC, “mobile switching center”). El MSC contiene un selector que obtiene la mejor trama de las dos.

El segundo es el “softer handoff”. Este tipo de “handoff” ocurre cuando un móvil hace una transición entre dos sectores de la misma célula. En el

enlace de bajada, el móvil mejora la misma clase de combinación de proceso que el “soft handoff”. En este caso, el móvil usa su receptor múltiple para combinar las señales recibidas de los dos sectores. En el enlace de subida, sin embargo, los dos sectores de la misma célula reciben simultáneamente las dos señales del móvil. Estas señales son demoduladas y combinadas dentro de la célula, de tal forma que únicamente se envía una trama al MSC.

El tercero es el “hard handoff”. El sistema CDMA hace dos tipos de “hard handoffs”. Un “handoff CDMA-a-CDMA” ocurre cuando el móvil hace una transición entre dos portadoras CDMA (por ejemplo, dos canales de espectro esparcido que están centrados en diferentes frecuencias). Este “hard handoff” ocurre también cuando el móvil hace una transición entre dos sistemas diferentes de operadores. Al “handoff CDMA-a-CDMA” también se le llama “D-a-D handoff”. Y el “handoff CDMA-a-analógico” ocurre cuando una llamada CDMA se guía a una red analógica. Esto puede ocurrir cuando el móvil viaja en un área donde hay servicio analógico pero no hay servicio CDMA. El “handoff CDMA-a-analógico” se le llama “handoff D-a-A”.

Antes de describir el proceso de “soft handoff” en detalle, es importante notar que cada sector en un sistema CDMA se distingue de cualquier otro por su canal piloto. El canal piloto es uno de los cuatro canales -piloto, ‘paging’, ‘sync’ y canales de tráfico- en el enlace de bajada. El canal piloto sirve como un “faro” para el sector y ayuda al móvil a adquirir otros canales lógicos del sector. El piloto no contiene información más que en el código corto PN (“Pseudo Noise” o de pseudo ruido).

Se usa un término especial para describir la relación señal a ruido (SNR) del canal de piloto: energía por chip por densidad de interferencia, o E_c/I_0 . La energía por chip E_c/I_0 es diferente de la energía por bit E_b en que “chips” se refiere a los bits en las secuencias esparcidas PN. Dado que no hay información en banda base contenida en el canal de piloto, el piloto no pasa por el proceso opuesto al esparcimiento y estos bits no se recobran.

El móvil constantemente notifica a la estación base las condiciones de la propagación local; la estación base hace uso de esta información para tomar

decisiones sobre el “handoff”. Este “handoff” asistido del móvil (MAHO, “mobile-assisted handoff”) actúa cuando el móvil toma una medida del E_c/I_0 del enlace de bajada y reporta el resultado de la medida a la estación base. Dado que cada estación base transmite su propio piloto en un diferente “offset” PN, el E_c/I_0 de un piloto da una buena indicación de si un sector en particular puede o no ser el sector más apropiado para servir al móvil.

En el manejo del proceso de “handoff”, el móvil mantiene en su memoria cuatro listas que se excluyen entre sí compuestas por los sectores de las estaciones base. A estas listas también se les llama conjuntos. Los cuatro conjuntos son conjunto activo (“active”), conjunto candidato (“candidate”), conjunto vecino (“neighbor”), y conjunto residuo (“remaining”).

El conjunto activo contiene los pilotos de aquellos sectores que se están comunicando con el móvil en los canales de tráfico. Si el conjunto activo contiene únicamente un piloto, entonces el móvil no está en “soft handoff”. Si el conjunto activo contiene más de un piloto, entonces el móvil mantiene la conexión con todos esos sectores en canales de tráfico separados. La estación base controla esencialmente el proceso de “handoff” porque se puede agregar únicamente un piloto al conjunto activo si la estación base envía un “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”) al móvil y el mensaje contiene el piloto en particular que se va a agregar al conjunto activo. El conjunto activo puede contener a lo más seis pilotos.

El conjunto candidato contiene aquellos pilotos cuyos E_c/I_0 son suficientes para hacerlos candidatos de handoff. Esto significa que si el E_c/I_0 de un piloto en particular es más grande que el umbral de detección de piloto (“pilot detection threshold”) “T_ADD”, entonces ese piloto se agrega al conjunto candidato. El conjunto candidato solo puede contener seis pilotos.

El conjunto vecino contiene aquellos pilotos que están en la lista vecino del actual sector servidor del móvil. El conjunto vecino contiene a lo más 20 pilotos.

El conjunto residuo contiene todos los posibles pilotos en el sistema para esta frecuencia portadora, excluyendo a los pilotos que están en los conjuntos activo, candidato y vecino.

3.1.2.1 Proceso.

A continuación se muestra el proceso que sigue una llamada para entrar en “hand off”:

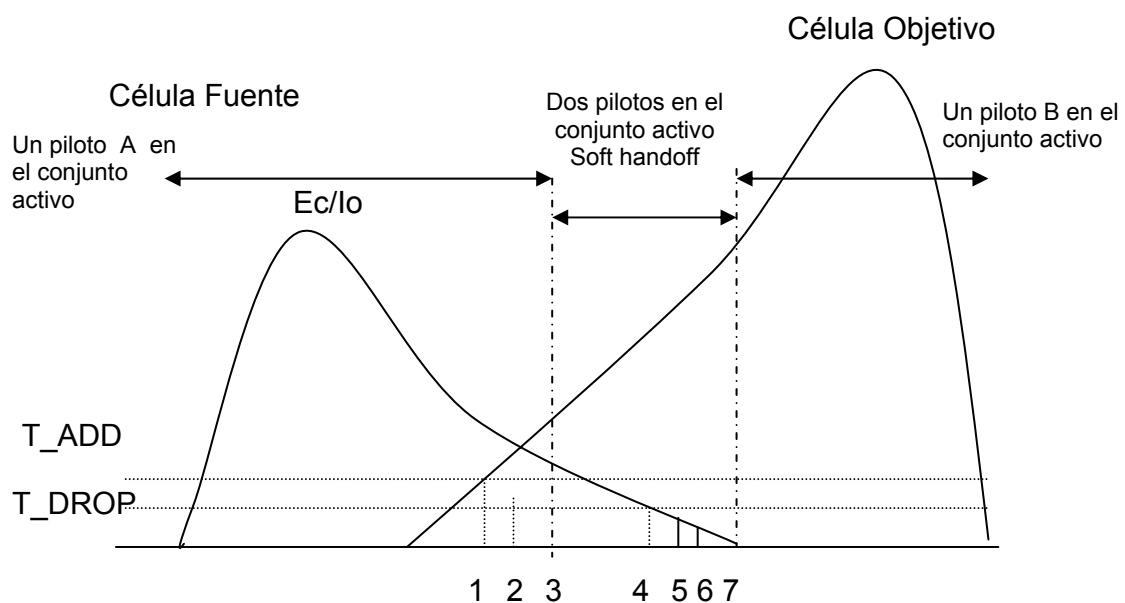


Figura 16: Proceso de Handoff [15]

1. En primera instancia el móvil se encuentra alimentado únicamente por la célula fuente, y su conjunto activo contiene tan solo al piloto A (célula fuente). El móvil mide el nivel de E_c/I_0 del piloto B (célula objetivo) y si lo encuentra mayor que “ T_ADD ”, el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto (“pilot strength measurement message”) y transfiere al piloto B del conjunto vecino al conjunto candidato.
2. Ahora el móvil recibe un “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”) de la célula fuente. Dicho mensaje ordena al móvil a comenzar la comunicación en un nuevo canal de tráfico con la célula

objetivo. El mensaje contiene el “PN offset” de la célula objetivo y el código de Walsh del nuevo canal de tráfico.

3. Entonces el móvil mueve el piloto del conjunto candidato al conjunto activo. En este momento el móvil envía un “mensaje de acabado de handoff” (“handoff completion message”) inmediatamente después de adquirir el canal de tráfico de bajada especificado en el “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”). Ahora el conjunto activo contiene dos pilotos en su lista.
4. Después de que tiene dos pilotos, el móvil detecta que el piloto A ha caído por debajo de “T_DROP” y es entonces cuando el móvil inicia el contador de tiempo o “drop timer”.
5. Cuando el “drop timer” alcanza el valor correspondiente a “T_TDROP” el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto (“pilot strength measurement message”).
6. Una vez que el móvil recibe un “mensaje de dirección de handoff”, el mensaje contiene únicamente el PN offset de la célula objetivo.
7. Y finalmente el móvil tiene que cambiar el piloto fuente del conjunto activo al conjunto vecino, así como enviar un mensaje para indicar que el “handoff” ha terminado.

3.1.3 Handover en WCDMA

El handover en WCDMA es parecido al de cdmaOne basado en el estándar IS-95, este proceso se analiza a través de la fuerza del piloto. Pero hay una diferencia significativa, en cdmaOne si la fuerza de la señal del canal piloto excede un umbral determinado, se toma ese piloto para ser candidato para el handover y es añadido al set de candidatos. En cambio en WCDMA se selecciona un canal para pasar al set de candidatos comparando su potencia con la de otros pilotos. Existen en WCDMA tres tipos de handoff

- Soft Handover cuando todas las celdas en un área de servicio están usando la misma frecuencia de WCDMA.
- Hard Handover cuando las celdas participantes operan a distintas bandas de frecuencia, pero también se puede cambiar el modo de operación a FDD o TDD
- Handover Intersistemas de GSM a otro sistema o viceversa.

Para propósitos de handover, el UE mantiene una lista de celdas que está usando actualmente o que puede usar durante una llamada. Esta lista incluye lo siguiente:

- *Active set*: Todas las celdas están envueltas en una comunicación simultáneamente durante un soft handover. El UE demodula la señal recibida de todas las celdas y las combina coherentemente aplicando diversidad. Un Active set contiene dos o mas celdas de FDD pero solo una de TDD
- *Monitored set* Hay celdas que no están en el active set pero que están siendo monitoreadas por el UE porque hay una lista vecina.
- *Detected set* hay celdas que no están ni en el active ni en el *monitored set* y por ende son detectadas de alguna manera por el UE

4 CAPÍTULO 4:

Plataforma Utilizada en WCDMA

4.1 Plataforma utilizada en WCDMA

Basándose en las explicaciones y fundamentos realizados en capítulos anteriores, se procedió a la escogencia de el enlace (ascendente o descendente) a utilizar y que modo era el apropiado para realizar la simulación.

Tal como se explicó, existen dos modos de trabajo en la plataforma WCDMA, dichos modos son FDD y TDD. Prácticamente el modo TDD es más utilizado en entornos asimétricos, interiores y en aplicaciones microcelulares, mientras que su contraparte FDD trabaja en entornos simétricos y además las aplicaciones se extiende a una amplia gama de valores, por ello se procedió a escoger este modo de operación. Por otra parte era necesario plantear cual de los enlaces se iba a utilizar. Debido a las características y al planteamiento del problema una de las limitantes del proyecto era la de trabajar en el enlace descendente. Habiendo aclarado el entorno de trabajo, se procedió a estructurar en diagrama de bloques el *downlink* del sistema WCDMA, el cual enlaza al UE con el Nodo B.

Dicha estructura es como sigue:

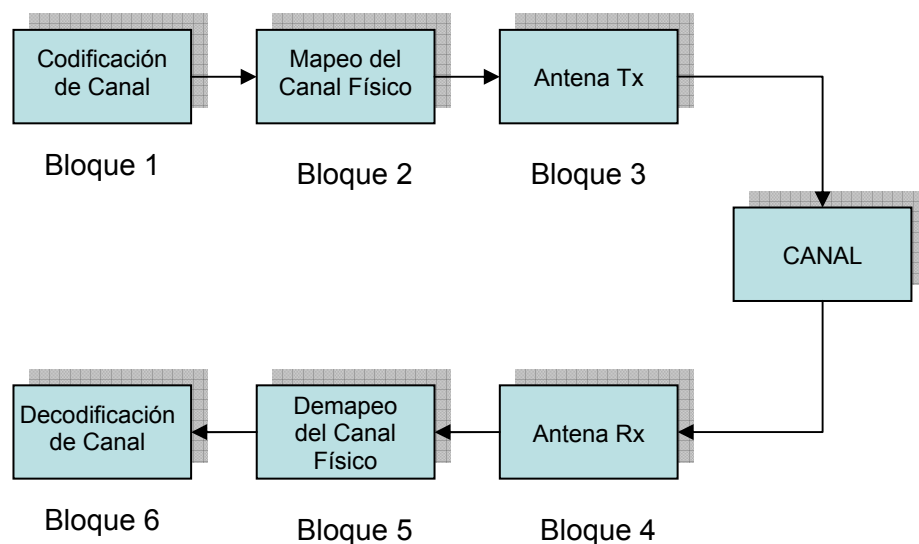


Figura 17: Estructura Enlace Descendente WCDMA

Los procesos fundamentales del enlace descendente se encuentran explicados a continuación, en la gráfica se exponen dichos procesos:

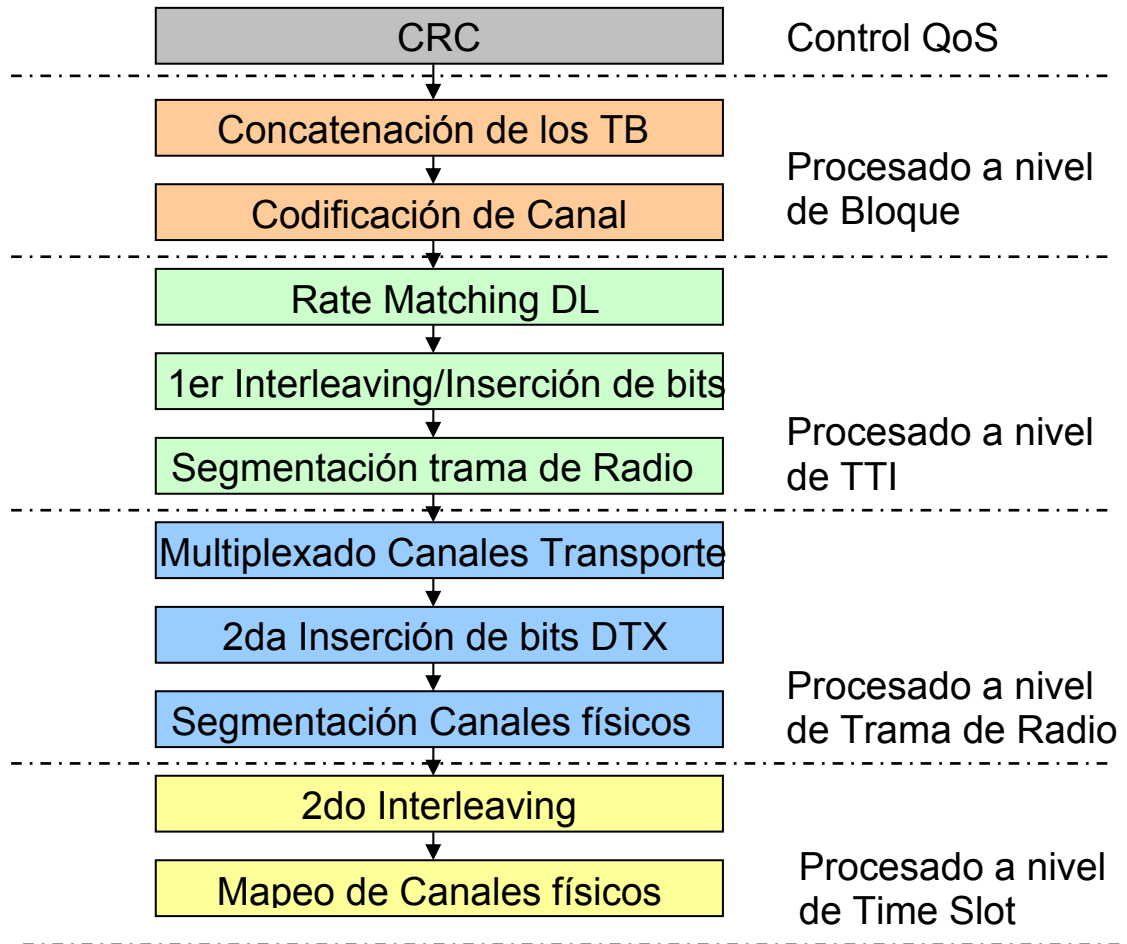


Figura 18: Procesado de los Canales de Transporte

4.1.1 CRC (Cyclic Redundancy Check)

Para realizar la detección de errores se provee el sistema de unos bloques denominados CRC, el tamaño del CRC puede ser de 24, 16, 12, 8 ó 0 bits, este tamaño es usado por cada TrCH. El bloque completo de transporte es utilizado para calcular los bits de paridad de cada bloque de transporte. Los bits de paridad son generados por un generador de polinomios cíclicos los cuales poseen la siguiente forma:

$$g_{\text{CRC24}}(X) = X^{24} + X^{23} + X^6 + X^5 + X + 1;$$

- $g_{CRC16}(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1;$
- $g_{CRC12}(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1;$
- $g_{CRC8}(X) = X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1.$

En el caso de un bloque da datos de entrada utilizando 24 bits de paridad la asignación del polinomio es como sigue:

$$aim1X^{Ai+23} + aim2X^{Ai+22} + \dots + aimAiX^{24} + pim1X^{22} + \dots + pim23X^1 + pim24$$

En dicha ecuación los términos aim1,aim2,aim3,...,aimAi están asociados a los bits llevados a la capa 1, y pim1, pim2,pim3,...,pimLi son los bits de paridad. Ai es el tamaño de un bloque de transporte del TrCH i, m es el número del bloque de transporte asociado y Li es el número de bits de paridad. Como se dijo anteriormente este parámetro puede tomar los valores de 24, 16, 12, 8, y 0. Para el ejemplo la división arroja un valor igual a cero si se divide con el $g_{CRC24}(X)$.

4.1.2 Concatenación de bloques de transporte y segmentación

Todos los bloques de transporte son concatenados de manera serial en un TTI (*Transmission Time Interval*). Si el número de bits en un TTI es mayor que un Z determinado, el tamaño máximo de un código bloque en cuestión, entonces, la segmentación de un código bloque se lleva a cabo después de la concatenación de los bloques de transporte. El tamaño máximo de los códigos bloque depende o no del tipo de codificación utilizada. Los tamaños de Z para la segmentación son:

- Códigos convolucionales: $Z = 504;$
- Codificación Turbo: $Z = 5114;$
- Sin codificación de canal: $Z = \text{ilimitado}.$

4.1.3 Codificación de canal

Este aspecto ya fue mencionado y explicado en el capítulo 2, en el mismo se manejan los distintos tipo de codificaciones utilizadas para proveer de redundancia a los datos que se manejan.

4.1.4 Ecualización de la trama radio

La ecualización de la trama radio consiste en rellenar la secuencia de bits de entrada para asegurar que la salida se puede segmentar en un número entero de segmentos de datos del mismo tamaño en el bloque de segmentación de la trama radio. Se realiza sólo en el enlace ascendente, puesto que en el descendente el bloque de adaptación de velocidad se encuentra en este punto de la cadena y ya proporciona a su salida un múltiplo entero de segmentos de datos.

4.1.5 1er Interleaving

Este proceso está dividido en dos partes, uno denominado primer *interleaving* (que es el encontrado dentro del bloque de codificación y multiplexado) y el otro denominado segundo *interleaving*, el cual es ejecutado luego de la multiplexación. El que compete en este caso es el primero. Este proceso se realiza sobre cada canal de transporte. Consiste en ensanchar los bits de todas las tramas radio que se corresponden a un TTI para mejorar la calidad de la transmisión. Si ocurre un error en la transmisión las pérdidas son repartidas entre todas las tramas y la corrección resulta mejor. Este entrelazado se realiza sólo en los bits que corresponden al mismo canal de transporte.

4.1.6 Segmentación de la trama radio

Cuando el intervalo de transmisión es superior a 10ms (el tamaño de trama), la secuencia de bits de entrada se segmenta y asocia a tramas de radio consecutivas.

4.1.7 Rate Matching

El Rate Matching se lleva a cabo sobre la secuencia de bits luego que el canal ha sido codificado, de acuerdo al número de canales de transporte multiplexados, la tasa de bits de transmisión y la QoS (calidad de servicio) de cada canal de transporte. A través de este proceso, se asignan más bits en la capa física al canal de transporte con una mayor tasa de bits de transmisión y mayor QoS que en otros canales de transporte. Para este proceso se aplica el *puncturing* o la repetición. El resultado de esta operación es que se poseen canales de transporte con distintas QoS que pueden ser multiplexadas y transmitidas sobre el canal físico como una secuencia de bits con calidad uniforme.

4.1.8 Multiplexión de los canales de transporte

Los canales de transporte codificados se multiplexan en serie, es decir, en el tiempo, sobre una trama radio. Así, cada 10 ms una trama radio procedente de cada uno de los canales de transporte, entra al bloque de multiplexión.

4.1.9 Inserción de los bits de indicación de transmisión discontinua (DTX, discontinuous transmission)

Los bits de indicación de transmisión discontinua no se transmiten, sólo indican cuándo se debe interrumpir la transmisión, y sólo en el enlace descendente. Los niveles superiores deciden si los bits de indicación DTX se insertan en posiciones fijas o flexibles. En la *primera inserción* de los bits de indicación DTX, éstos se insertan en posiciones fijas, de forma que en cada trama de radio se reserva un número fijo de bits para cada canal de transporte.

4.1.10 Segmentación de los canales físicos

Cuando se utiliza más de un canal físico, es en este bloque en el que se dividen los bits entre los distintos canales físicos.

4.1.11 2do Interleaving

El segundo entrelazado es llevado a cabo luego de la multiplexación y tiene la misma función que el primer entrelazado

4.1.12 Mapeo a canales físicos

Los bits se asocian a los canales físicos de forma que para cada canal físico los bits se transmiten en orden ascendente. El mapeo entre los diferentes tipos de canales físicos y canales de transporte se muestra en la siguiente figura.

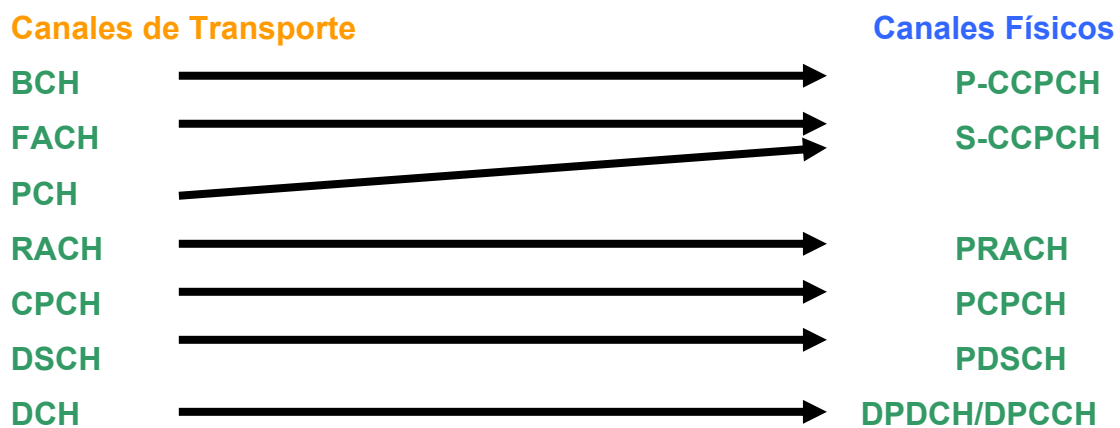


Figura 19: Proceso de mapeo de capa de transporte a capa física

|

5 CAPÍTULO 5:

Simulación y Modelaje de la Plataforma WCDMA

5.1 Simulación y Modelaje de la Plataforma WCDMA

Para realizar el proceso de modelaje se optó por la escogencia del programa denominado MATLAB, dicho programa posee las herramientas tanto para programar, como para realizar a través de bloques la estructura de la plataforma WCDMA. La estructura a modelar era el enlace de bajada, desde la Radio Base (Nodo B) hasta el Nodo móvil (*User Equipment UE*). Dicho modelo de bloques es como sigue:

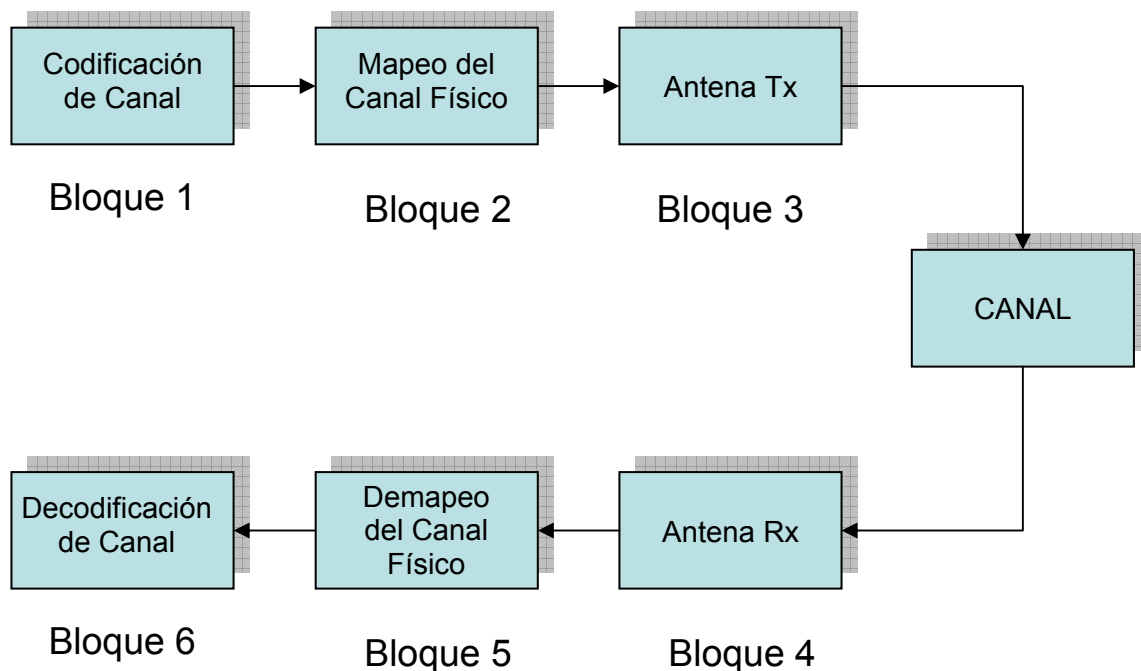


Figura 20: Estructura de bloques de la Plataforma de Capa 1 WCDMA

Para el modelo basado en bloques era necesario realizar la adaptación de los datos que vienen de las capas superiores, puesto que los canales que se procesarán desde la capa de transporte son el DTCH y el DCCH, ambos canales dedicados, uno siendo el de la transferencia de la data y el otro utilizado para control. Esta adaptación debía ser tal que se pudiesen transmitir los unos y los ceros que se encontraban contenidos en un paquete de datos codificado bajo el formato MPEG-4 y además que pudiesen ser recuperados para verificar la transferencia fiable de la misma.

Para poder armar la plataforma de WCDMA, se procedió a trabajar en base a las especificaciones técnicas de la 3GPP, específicamente en las siguientes:

- TS-3GPP 25212 [13], para los bloques de codificación de canal, mapeo de canales físicos, demapeo y decodificación de canal.
- TS-3GPP 25101 [11], TS-3GPP 25211 [12], TS-3GPP 25213 [14], para los bloques referidos a la antena transmisora y receptora

Estas especificaciones establecen las normas y procedimientos para el establecimiento correcto de la transmisión de información.

Como se observa en la figura 21, la data de entrada al modelo son los canales DTCH y DCCH, haciéndose mayor énfasis en el DTCH ya que el mismo es el canal de la transferencia de datos. Para el DCCH se colocó un generador binario de datos ficticios, y en el canal DTCH entraría una data real que ya ha sido procesada y codificada en el formato MPEG-4.

Para realizar la adaptación entre la data que se quería procesar y la plataforma modelada, era necesario realizar una interfaz de adaptación ya que la data cruda está en una capa de aplicación y sólo deseamos transportar la data binaria contenida dentro del archivo codificado.

5.1.1 Interfaz de adaptación de datos

Para la interfaz se tenían que programar 4 modelos distintos basándonos en el parámetro *Transport Block Size*, parámetro que está relacionado con el tamaño del bloque de transporte y que dependiendo de la velocidad del enlace de bajada se tendrían distintos valores, los programados fueron los siguientes:

- 12.2 kbps; *Transport Block Size* 244
- 64 kbps; *Transport Block Size* 1280
- 144 kbps; *Transport Block Size* 2880
- 384 kbps; *Transport Block Size* 3840

5.1.1.1 Programa Interfaz de adaptación de datos

Este programa arroja como valores de salida a **B** que es la data convertida a dígitos binarios a ser procesados en la capa física y al valor **m**, el cual está referido al tamaño del vector dato denominado **B**. El mismo se presenta a continuación:

```
fid=fopen('ABUELITAM.3gp');
M=fread(fid);
M=dec2bin(M);
M=M';
NM=[ ];
[m,n]=size(M);
for k=1:n
    aux=M(:,k);
    NM=[NM;aux];
end
C=str2num(NM);
B=str2num(NM);
[filas,n]=size(B);
filasinitiales = length(B);
Nmax= round(filasinitiales/ trblcksize);
if((filasinitiales/ trblcksize) > Nmax)
    Nmax = Nmax+1;
end
filas = Nmax * trblcksize;
diffilas = filas-filasinitiales;
A=zeros(diffilas,1);
B=vertcat(B,A);
[m,n]=size(B);
```

Para los cuatro programas, sólo es necesario cambiar el valor marcado como **trblcksize** por los 4 valores relacionados a la velocidad del canal.

Aparte del programa interfaz, había que establecer todos los datos necesarios para que funcionara y fluyeran correctamente las tramas a través de la plataforma WCDMA, estos datos están especificados en tres bloques distintos, el primero referido al canal de transporte, el segundo bloque referido a las características de antena y el tercero al medio de transmisión en si:

- **Bloque de Datos Canal de Transporte**

Este bloque se encuentra especificado en la TS-25101 [11] de la 3GPP y es una medida referencia del canal de transporte a 12.2 kbps

Parámetro	DTCH	DCCH
Transport Channel Number	1	2
Transport Block Size	244	100
Transport Block Set Size	244	100
Transmission Time Interval	20 ms	40 ms
Type of Error Protection	Convolution Coding	Convolution Coding
Coding Rate	1/3	1/3
Rate Matching attribute	256	256
Size of CRC	16	12
Position of TrCH in radio frame	Fixed	fixed

Tabla 1: Datos Canal de Transporte

- **Bloque de Datos Características de las Antenas**

Parámetro	Valores
DPCH Code Number	127
Scrambling Code Scr Code Group (0..63), Scr Code Primary (0..7)	[63 0]
Number of Filters Taps for RRC	96
Number of Coefficients for Channel Estimation Filters	21
Oversampling Factor	8

Tabla 2: Datos Características de las Antenas

- **Bloque de Datos de Condiciones en Entornos Multi-Path**

Esta es una de las tablas que muestra las características del las condiciones del medio y se encuentra especificada en la TS-25104 [10] de la 3GPP, Además del este caso, existen otros entornos asociados que arrojan valores diferentes al entorno mostrado. Este caso en particular arrojaría la peor condición de entorno ya que la velocidad hipotética del móvil es la mayor de las posibles dentro de las características de movimiento del nodo B.

Caso 4, 250 km/h	
Retardo Relativo [ns]	Potencia Promedio [dB]
0	0
260	-3
521	-6
781	-9

Tabla 3: Datos de Condiciones en Entornos Multi-Path

- **Datos de niveles de potencia de los canales físicos del downlink transmitidos durante una conexión**

Esta tabla muestra se encuentra especificada en la TS-25104 [10] de la 3GPP

Physical Channel	Power ratio
P-CPICH	$P\text{-CPICH_}E_c/I_{or} = -10 \text{ dB}$
S-CPICH	$S\text{-CPICH_}E_c/I_{or} = -10 \text{ dB}$
P-CCPCH	$P\text{-CCPCH_}E_c/I_{or} = -12 \text{ dB}$
SCH	$SCH_E_c/I_{or} = -12 \text{ dB}$
PICH	$PICH_E_c/I_{or} = -15 \text{ dB}$
DPCH	$DPCH_E_c/I_{or} = -5.9 \text{ dB}$

Tabla 4: Datos de niveles de potencia de los canales físicos del downlink transmitidos durante una conexión

Canal_ E_c/I_{or} : Es la relación de energía del chip del canal al total de densidad espectral de potencia en el conector de la antena (Nodo B).

E_c : Energía promedio de chip

I_{or} : La densidad espectral de potencia (integrado en un ancho de banda de $(1+\alpha)$ la tasa de chip y normalizado a la tasa de chip) de la señal downlink en el Nodo B.

5.1.1.2 Programa cálculo de Tasa de Bits Errados

Luego de obtener los unos y ceros correspondientes a la data de video en la salida de la interfaz WCDMA, era necesario utilizar alguna herramienta para realizar la verificación de la misma. Para ello se realizó el siguiente programa. El primer programa permite la ordenación eliminando los grupos de ceros que se obtienen antes de que la data recogida sea certera, y dicha información pueda ser cotejada con la data de entrada es decir la denominada **DataIn**, estos parámetros son comparados con la data obtenida, es decir, **Data Out** y es calculado entonces el BER del sistema.

%Programa de Recuperación de Data para 244%

```
[f,c]=size(DataOut);
DataOut=DataOut(733:f,1); %Organización de la data después de 732 ceros%
W=DataOut';
[x,y]=size(W);
MF=[];
Nmax= round(y/8);
if((y/8) > Nmax)
Nmax = Nmax+1;
end
filas = Nmax * 8;
diffilas = filas-y;
A=zeros(1,diffilas);
W=horzcat(W,A);
for n=0:Nmax-1
    aux= W(1,(8*n+1):8*(n+1));
    MF=[MF;aux];
end
D1=num2str(MF);
D2=bin2dec(D1);

%Tasa de bits errados
[f1,c1]= size(DataOut);
[f2,c2]= size(DataIn);
```

```
DataOut=DataOut(489:f1,1);  
N=[];  
be=0;  
[f,c]= size(DataOut);  
for n=1:f  
if DataIn(n,1) ~= DataOut(n,1)  
N(n,1)=1;  
be=be+1;  
end  
end  
BER=(be/f2);
```

6 CAPÍTULO 6:

Pruebas Realizadas y Resultados

6.1 Pruebas Realizadas y Resultados

Inicialmente se plantearon múltiples escenarios de trabajo, los cuales correspondían a las variaciones de la velocidad del enlace de bajada, a los distintos mecanismos de control de errores implementados en el codificador y a los diferentes entornos (basados en la velocidad de movimiento del nodo B). Dichas simulaciones correspondían a un número mayor a 64 corridas; obviamente, la realización de todas estas corridas no aportaban un resultado significativo para este trabajo, así que se decidió optar por las opciones límites; las cuales eran la mayor velocidad de movimiento del nodo B y la menor velocidad del canal de bajada. Por supuesto, sí era necesario probar todos los mecanismos de corrección de errores en estas condiciones límites o mejor dicho las peores dentro de la gama de posibilidades; así los resultados obtenidos para este caso nos permitirían extrapolar conclusiones.

6.1.1 Codificador de video MPEG-4 Xenon 2 Standard

Dentro de las opciones encontradas en el mercado se decidió por la opción del programa Xenon 2 Standard, debido a que dicho programa posee un interfaz completamente amigable, presenta las distintas opciones para la corrección de errores programable por el usuario y además se encuentra disponible en Internet para poder ser obtenida por una gran cantidad de usuarios. Esta aplicación se presenta de la siguiente forma, tal como lo indican las figuras 22 y 23

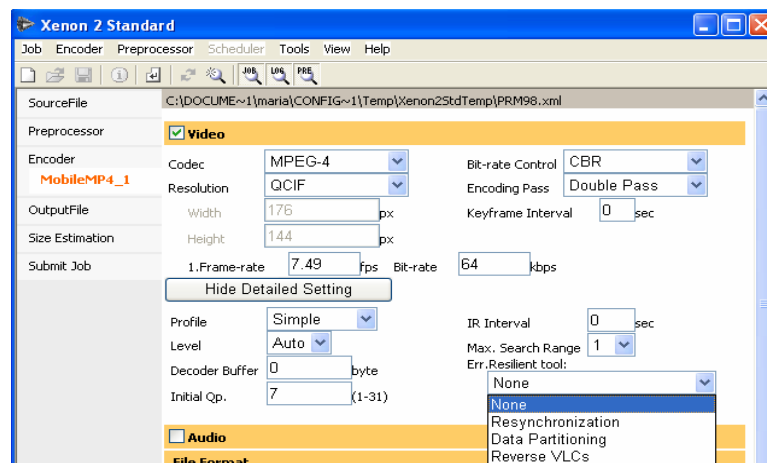


Figura 22: Pantalla de presentación programa Xenon 2 Standard

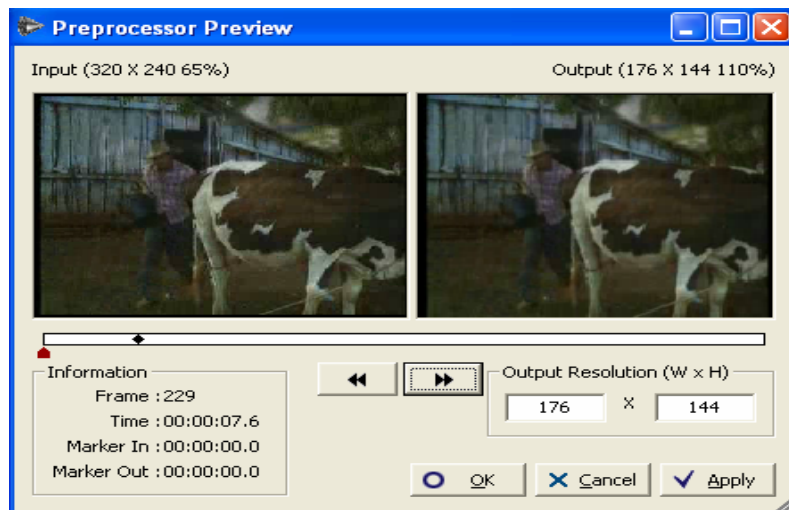


Figura 23: Preprocesador del programa Xenon 2 Standard

Como se observa en las figuras se tienen los diferentes mecanismos de corrección de errores, particionamiento de la data, resincronización y utilización de códigos reversibles.

6.1.2 Escenarios de Trabajo

Para cada una de las simulaciones era necesario codificar la data de video con los distintos mecanismos de control de errores del protocolo MPEG-4. Luego de esto, esta data es adaptada por el programa interfaz de adaptación de datos y luego es sometida al proceso de transferencia a través de la plataforma WCDMA (diagrama de bloques). En el capítulo anterior se especificaron cuales eran los bloques datos de los programas a utilizar y los valores de entrada al modelo según las especificaciones técnicas de la 3GPP.

- **Escenario 1**

Canal de transporte a 12.2 kbps, velocidad del móvil 250km/h, ningún mecanismo de corrección.

- **Escenario 2**

Canal de transporte a 12.2 kbps, velocidad del móvil 250km/h, particionamiento de data

- **Escenario 3**

Canal de transporte a 12.2 kbps, velocidad del móvil 250km/h, RVLC.

- **Escenario 4**

Canal de transporte a 12.2 kbps, velocidad del móvil 250km/h, resincronización.

6.2 Resultados

Mecanismo de tolerancia a fallos	Tiempo de tx de la data (s)	Ocupación de la data en kb	BER
Sin mecanismo	155.1	233	0
Data Partición	151.1	227	0
RVLC	151	226	0
Resincronización	154	231	0

Tabla 5: Resultados obtenidos en función de los 4 escenarios planteados ajustados a norma 3GPP

Mecanismo de tolerancia a fallos	Tiempo de tx de la data (s)	Ocupación de la data en kb	BER
Sin mecanismo	155.1	233	0
Data Partición	151.1	227	0
RVLC	151	226	0
Resincronización	154	231	0

Tabla 6: Resultados obtenidos en función de los 4 escenarios planteados con decaimiento de 6 dB respecto a la norma 3GPP

Mecanismo de tolerancia a fallos	Tiempo de tx de la data (s)	Ocupación de la data en kb	BER
Sin mecanismo	155.1	233	3.6895×10^{-5}
Data Partición	151.2	227	1.0046×10^{-6}
RVLC	153	226	5.9879×10^{-6}
Resincronización	154.4	231	7.9313×10^{-6}

Tabla 7: Resultados obtenidos en función de los 4 escenarios planteados con decaimiento de 8 dB respecto a la norma 3GPP

Mecanismo de tolerancia a fallos	Tiempo de tx de la data (s)	Ocupación de la data en kb	BER
Sin mecanismo	155.1	233	0.17
Data Partición	151.3	227	2.0674×10^{-3}
RVLC	154	226	3.9237×10^{-2}
Resincronización	154.5	231	7.0012×10^{-2}

Tabla 8: Resultados obtenidos en función de los 4 escenarios planteados con decaimiento de 10 dB respecto a la norma 3GPP

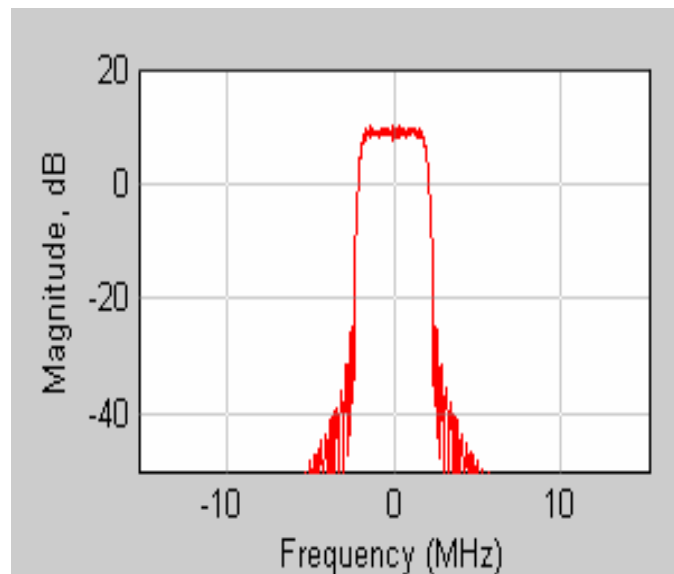


Figura 24: Magnitud de señal transmitida en función de la frecuencia

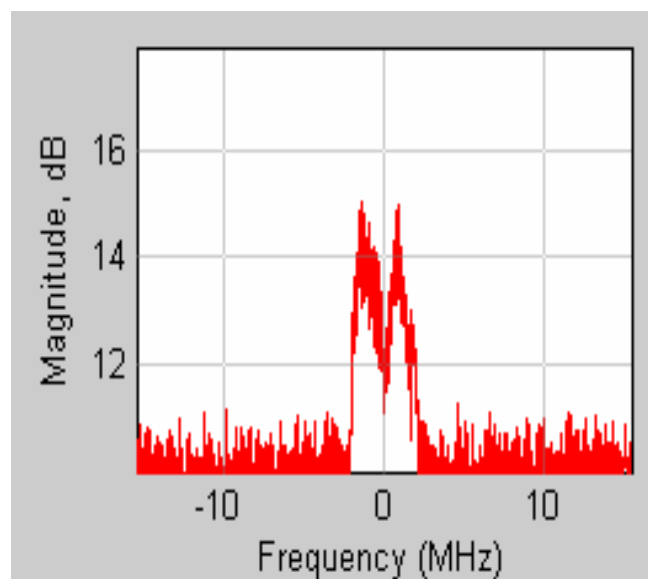


Figura 25: Magnitud de señal recibida en función de la frecuencia

7 CAPÍTULO 7:

Conclusiones y Recomendaciones

7.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Observando los 4 escenarios podemos percatarnos de que se tomó como criterio para la simulación la velocidad más baja para la transferencia de información en el canal descendente, y la velocidad más alta de movimiento para el móvil que transferiría la data a través del canal dedicado, esta escogencia, como condición límite, permite extrapolar los resultados a otras velocidades, quiere decir entonces, que como primera conclusión en base a la tabla 5, si para esta data se pudo obtener la data codificada en el formato MPEG-4 sin errores, entonces para velocidades de transferencia mayores y para velocidades menores de movimiento del UE, la llegada de la data sin errores se mantendrá. Otra conclusión importante es que los tiempos de transmisión también disminuirán ya que el tamaño del *frame* aumenta a medida que aumenta la velocidad de transmisión del enlace descendente.

La data original tenía un peso inicial de 1,2 Mb y la data codificada con el formato MPEG-4 arrojó valores de peso entre 226 kb y 233 kb (esta variación viene dada por los distintos mecanismos de corrección de errores), lo cual quiere decir que se obtuvieron reducciones de la data original alrededor del 80%, obviamente este resultado es variable dependiendo del contenido de video de cada información que se transmita, pero también es cierto que la optimización en el proceso de codificación por objetos permite estas altas ratas de compresión permitiendo así el mejor uso del espectro de frecuencia asignado.

Para la figura 24 se puede observar claramente la ocupación de la señal en un canal dedicado, este canal posee un ancho de banda de 5 MHz tal como lo establece las especificaciones de WCDMA, por otra parte la figura 25 muestra como se degrada la señal a nivel de receptor pero manteniendo el ancho de banda de 5 MHz.

Es importante aclarar que estos resultados fueron obtenidos utilizando un procesador con baja capacidad de memoria lo que hizo que cada una de las

simulaciones se obtuviera en un tiempo de simulación entre 151s y 155s pero que el tiempo real fueron entre 8 y 10 horas; esto conllevó a limitar el número de pruebas a realizar.

En este trabajo se calculó la tasa de bits errados para cada transmisión de la data codificada, sin embargo, es más bien una comprobación de que la data transferida es idéntica a la data original para el caso de la tabla 5, la cual está ajustada a la norma 3GPP. La Tabla 6 demuestra que para un decaimiento de la relación señal a ruido de 6 dB respecto a las condiciones óptimas de funcionamiento, se puede mantener la transmisión de la data libre de errores; los resultados cambian bruscamente al alejarnos del entorno ideal de funcionamiento de la interfaz de aire, esto se observa claramente en las Tablas 7 y 8, en donde se plantea un decaimiento de la señal a ruido respecto a la norma de 8 y 10 dB; sin embargo, se puede verificar que los mecanismos de corrección de errores están funcionando ya que el BER mejora notablemente al usar cualquiera de ellos, en comparación a la transmisión sin ningún mecanismo. Otra observación interesante es que la herramienta que mejor corrige errores es la denominada Data Partición, adicionado a que es la que menor tiempo tarda en realizar la transmisión de la data.

En la tabla 8 se puede comprobar que a medida que el ruido aumenta en la interfaz los errores también aumentan; los resultados en esta tabla permiten aseverar que el mecanismo más sencillo es la Resincronización, ya que se insertan marcas de control para el manejo de errores, sin embargo, el hecho de tener que saltar hasta la siguiente marca de sincronismo, sin realizar descarte de data, hace que el procesamiento sea mayor y la tasa de bits errados también. Por su parte los códigos reversibles mejoran el BER, pero el tiempo de procesamiento se incrementa notoriamente al encontrar errores, debido a que se tiene que decodificar en ambos sentidos y esto nos es conveniente si se desea una transmisión rápida de la información, por último el mecanismo Data Partición se muestra como el mejor de los tres y esto tiene su explicación teórica basado en que la separación de las componentes de baja frecuencia en la primera partición (contenido inteligible) y las componentes de alta frecuencia en la segunda partición (contenido de detalles), permite realizar el descarte

rápido de la data con errores sin pérdida de tiempo por procesamiento de señal.

Para trabajos futuros es recomendable utilizar procesadores de alta capacidad para poder realizar pruebas donde se pueda estudiar el BER correctamente; ya que para poder decir que hay un BER de un valor particular se tiene que transferir información por lo menos en un período de 45 minutos para un valor específico de relación señal a ruido

Otra recomendación para este trabajo es que utilizando esta misma plataforma se pueda crear una matriz de resultados de todas las velocidades del enlace descendente vs a las velocidades de movimiento del móvil, además de poder completar la plataforma de capa 1 realizando ahora el diagrama de bloques para el enlace ascendente.

En este trabajo sólo se estudió la data binaria contenida en la data codificada a nivel de capa de aplicación, resultados interesantes serían estudiar todo el proceso de paquetización y cuáles serían los mecanismos más apropiados para llevar la data desde capa de aplicación hasta capa 1 y viceversa.

La data codificada para este trabajo utiliza la DCT como mecanismo de codificación de cuadros, sin embargo *wavelet*, es una técnica también utilizada para la compresión de cuadros, lo cual sería provechoso realizar estudios comparativos entre MPEG-4 utilizando DCT y MPEG-4 utilizando esta técnica.

Definitivamente la optimización en el uso del ancho de banda disponible y el manejo de los recursos para una transferencia de información de una manera más rápida y confiable, marcarán pauta de aquí en adelante, con lo cual el mecanismo MPEG-4 es altamente eficiente y la plataforma WCDMA se proyecta como la mejor a la par de GSM para ser la plataforma universal de 3G.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] MPEG-4 Video Group, "Generic Coding of Audio-Visual Objects: Part 2 - Visual," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1902, FDIS of ISO/IEC 14496-2, Atlantic City, Nov. 1998.
- [2] Iain E. G. Richardson "H.264 and MPEG-4 Video Compression. Video Coding for Next-generation Multimedia", John Wiley & Sons, Ltd 2003
- [3] H. Holma & A. Toskala "WCDMA for UMTS – Radio Access For Third Generation Mobile Communications", John Wiley & Sons, Ltd 2001
- [4] www.imt-2000.org
- [5] www.umtsworld.com
- [6] www.itu.int/council/C2001/035/annexa-s.doc
- [7] www.itu.int/ITU-R/conferences/wrc/wrc-00/index.asp
- [8] <http://www.monografias.com/trabajos15/telefonía-celular/telefonía-celular>
- [9] M. Frodigh, "Future Generation Wireless Networks", IEEE Personal Communications, October 2001.
- [10] 3GPP TS 25.104 v3.6.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; UTRA (BS) FDD; Radio transmission and Reception", Release 1999, 2001
- [11] 3GPP TS 25.101 v6.7.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD)"Release 6,2003
- [12] 3GPP TS 25.211 v4.3.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Physical Channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)",Release 4, 2001.
- [13] 3GPP TS 25.212 v3.6.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Multiplexing and Channel Coding FDD, Release 1999, 2001.
- [14] 3GPP TS 25.213 v3.6.0, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network
- [15] Vijak K. Garg "Wireless Network Evolution 2G to 3G", Prentice Hall,2002