



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**“ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE POTENCIA EN SISTEMAS IS-95
CDMA Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA”**

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención de título:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORES

KERLING ALICIA CANDO GARCÉS

CRISTOPHER JIMMY DELGADO FORTTY

GUAYAQUIL-ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

A mi madre Jenny por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida, a mis hermanos y muy en especial a mi amada esposa Betsy y a mis hijos Sebastián y Christopher, por ser mi más grande inspiración y fortaleza para poder cumplir con todos los objetivos que me propuse académicamente y como familia, y porque siempre han estado conmigo en todas las adversidades, sin jamás pedir nada a cambio.

A la ESPOL y a los profesores que me inculcaron valores y conocimientos que de seguro serán mis más grandes herramientas en el mundo laboral.

Cristopher Jimmy Delgado Fortty

A mis padres Sucre y Kerlin, a mi hermano Kevin por su incondicional apoyo durante estos años y a lo largo de mi vida. A mi mejor amigo y amado esposo Alfredo, quién me devolvió la confianza para que esto pueda ser posible. Sin ustedes hubiera sido imposible conseguir esta meta, gracias por ser mi fuerza e inspiración cada día.

A la ESPOL y mis profesores que me apoyaron a lo largo de éste camino, recordándome que sin importar lo difícil que sea, con perseverancia todo se consigue.

Kerling Alicia Cando Garcés

DEDICATORIAS


Dedico el esfuerzo, sacrificio y empeño para la realización de este trabajo a mis más grandes tesoros, mis hijos Sebastián y Christopher y a mi amada esposa Betsy, por brindarme su apoyo sin condiciones y más aún, sacrificarse junto a mí para lograr la culminación del presente trabajo.

Christopher Jimmy Delgado Fortty

Dedico este sueño y esfuerzo a mis padres, quienes son mi ejemplo a seguir y mi soporte siempre; a mi amado esposo, por ser mi compañero, mi amigo, mi apoyo y mi fuerza.

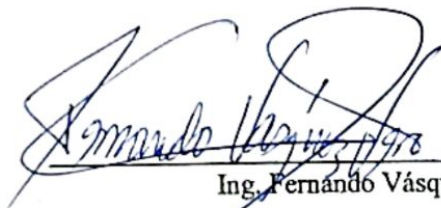
Kerling Alicia Cando Garcés

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Washington Medina

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

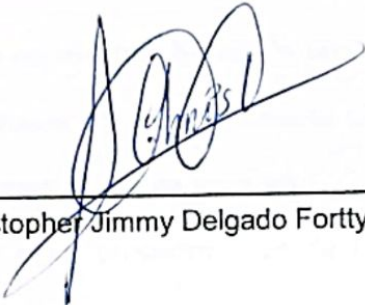


Ing. Fernando Vásquez

PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL". (Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Cristopher Jimmy Delgado Fortty



Kerling Alicia Cando Garcés

RESUMEN

En dispositivos que se implementan en el estándar IS-95 CDMA se vuelve crítico el uso de procedimientos como el Control de Potencia, proceso por el cual se mejora significativamente la calidad en la transmisión de información (voz o datos), permitiendo incluso que estos dispositivos trabajen con SNR muy bajos.

El presente trabajo analiza la arquitectura básica de una red CDMA, desde un punto de vista global, mencionando detallada y específicamente Control de Potencia, por lo que abordaremos a fondo los procesos que se usan en IS-95 CDMA para implementarlo y de cómo éste colabora con otros procedimientos de IS-95 CDMA para su correcto funcionamiento.

Se explicará cómo el Control de Potencia resuelve los problemas prácticos que aparecen en los dispositivos que usan el método de acceso por división de código (CDMA) y el efecto Cercano a Lejano.

Finalmente, desarrollaremos un video a modo de herramienta didáctica meramente explicativa utilizando el software de animación CINEMA 4D R14, que instruya al lector de manera concreta y clara sobre el funcionamiento de las fases de Control de Potencia en IS-95 CDMA usados en distintos canales usados para la comunicación exitosa entre el móvil y la estación base.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iv
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
DECLARACIÓN EXPRESA	.vi
RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
ABREVIATURAS	xxi
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPITULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 Sinopsis	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivos Generales	3

1.2.2	Objetivos Específicos	3
1.3	Metodología	4
1,4	Resultados Esperados	4
1.5	Observaciones	5
CAPÍTULO 2		6
2.	Definición y Arquitectura de una Red CDMA, Generalidades del Estándar IS-95 y Herramienta Didáctica	6
2.1	Definición y Arquitectura de una red CDMA	6
2.1.1	Principales Características Técnicas	6
2.1.1.1	Conceptos Básicos	6
2.1.1.2	Ensanchado y Desensanchado (Spreading and Despreading)	9
2.1.1.3	Multicaminos y Recepción Rake	13
2.1.2	Estructura de Red	15
2.1.2.1	Estación Móvil	17
2.1.2.2	La Estación Base	17
2.1.2.3	Controlador de Estación Base	17
2,1,2,4	Centro de Conmutación Móvil	17
2.1.2.5	Ubicación del Registro de Interior	18
2.1.2.6	Centro de Autenticación	18
2.1.3	Modulación	18

2.1.3.1	Modulación de Fase Binaria BPSK	19
2.1.3.2	Modulación de Fase Cuaternaria QPSK	19
2.1.4	Desvanecimiento	20
2.1.4.1	Pérdidas de Propagación	21
2.1.4.2	Desvanecimiento por Multitrayecto de RAYLEIGH	22
2.1.4.2.1	Efecto Doppler	23
2.1.5	Enlace de Ida	23
2.1.5.1	Canal Piloto	24
2.1.5.2	Canal de Sincronización	25
2.1.5.3	Canal de Paging	26
2.1.5.4	Canal de Tráfico	27
2.1.6	Enlace de Retorno	28
2.1.6.1	Canal de Acceso	29
2.1.6.2	Canal de Tráfico	30
2.1.7	Ventajas y Desventajas del Enlace de Ida y el Enlace de Regreso	31
2.1.8	Codificación del Canal	32
2.1.8.1	Códigos de Bloques	33
2.1.8.2	Códigos Convolutivos	34
2.1.8.3	Intercalado	35
2.1.9	Capacidad del Canal	36

2.1.10	Procesamiento de la Llamada en IS-95 CDMA	38
2.1.10.1	Estado de Inicialización	39
2.1.10.2	Estado Libre del Sistema	42
2.1.10.3	Estado de Acceso al Sistema	43
2.1.10.4	Estado del Canal de Tráfico	46
2.1.11	Handoff en IS-95 CDMA	47
2.1.11.1	Tipos de Handoff	48
2.2	Definición de una Red IS-95 Y Estándar IS-95 A E IS-95B	55
2.3	Descripción y propósito de un video didáctico	58
CAPÍTULO 3		60
3.	Control de Potencia en IS-95 CDMA	60
3.1	Control de Potencia en Sistemas de Comunicaciones Móviles	60
3.2	Generalidades del Control de Potencia en Redes IS-95 CDMA	62
3.3	Control de Potencia en el Enlace de Reverso	65
3.3.1	Control de Potencia de Lazo Abierto en el Enlace de Reverso	66
3.3.2	Control de Potencia de Lazo Cerrado en el Enlace de Reverso	81
3.4	Control de Potencia en el Enlace Directo	90
CAPÍTULO 4		103

4.	Etapas de Diseño del Video	103
4.1	Presentación del Video	103
4.2	Limitaciones	103
4.3	Motivación	104
4.4	Justificación	104
4.5	Propuesta	105
4.4.1	Marco Conceptual	105
4.6	Requerimientos Operacionales e Infraestructura	106
4.6.1	Requerimientos de Hardware	106
4.6.2	Requerimientos de Software	106
4.7	Descripción del Proceso de Producción	107
	CONCLUSIONES	116
	RECOMENDACIONES	117
	BIBLIOGRAFÍA	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Red CDMA.....	7
Figura 2.2 Multiplexación.....	8
Figura 2.3 Ejemplo de un canal.....	8
Figura 2.4 Ejemplo de celda.....	9
Figura 2.5 Ensanchamiento del espectro.....	10
Figura 2.6 Ensanchamiento en CDMA.....	10
Figura 2.7 Generación del espectro ensanchado en CDMA.....	10
Figura 2.8 Des ensanchamiento del espectro en CDMA.....	11
Figura 2.9 Ejemplo de Multicamino.....	14
Figura 2.10 Estructura de una Red CDMA.....	16
Figura 2.11 Ejemplo de la modulación BPSK.....	19
Figura 2.12 Cuadro de fases de la modulación QPSK.....	20

Figura 2.13 Desvanecimiento por Multitrayecto.....	22
Figura 2.14 Enlace de Ida en CDMA.....	24
Figura 2.15 Enlace de Retorno en CDMA.....	29
Figura 2.16 Ejemplo del código de bloques.....	34
Figura 2.17 Código Convolutacional.....	35
Figura 2.18 Intecalador.....	36
Figura 2.19 Estados de Procesamiento de una llamada de la Estación Móvil...39	
Figura 2.20 Proceso de Traspaso (Handoff) entre dos Estaciones Base.....	48
Figura 2.21 Softer-Handoff.....	49
Figura 2.22 Softer Handoff en el Enlace de Directo.....	51
Figura 2.23 Soft Handoff en el Enlace de Reverso.....	51
Figura 2.24 Soft-Handoff de dos vías.....	52
Figura 2.25 Soft-Handoff de tres vías.....	53
Figura 2.26 Soft-Softer Handoff.....	54

Figura 3.1 Efecto del problema Cercano-a-Lejano (Near Far Interference).....	64
Figura 3.2 Interferencia por Acceso Múltiple.....	64
Figura 3.3 Estructura del mensaje enviado en cada Sondeo de Acceso.....	76
Figura 3.4 Back-off Delay entre Secuencias de Sondeos de Acceso.....	77
Figura 3.5 Representación de Sub-Intentos de Acceso para cada EB detectada dentro de un Intento de Acceso.....	77
Figura 3.6 Escalera de Sondeos de Acceso.....	79
Figura 3.7 Representación de la operación del Control de Potencia Interno y Externo en el Enlace de Reverso.....	82
Figura 3.8 Grupo de Control de Potencia (PCG) dentro de una trama.....	84
Figura 3.9 Ejemplo de inserción de los PCGs por el Data Burst Randomizer para RS1.....	86
Figura 3.10 Multiplexación de los Bits de Control de Potencia (BCPs) junto con la voz en el Canal de Tráfico Directo.....	87

Figura 3.11 Aleatorización de la posición de los Bits de Control de Potencia en el Enlace Directo para RS1.....	87
Figura 3.12 Localización de un PCG en el Enlace Directo Directo y de Reversa.....	89
Figura 3.13 Estimación de $(E_b/I_t)_{set\ point}$	90
Figura 3.14 Comportamiento de la potencia de transmisión de un móvil según el valor objetivo de $(E_b/I_t)_{set\ point}$	91
Figura 3.15 Control de Potencia en el Enlace Directo para RS1 para un solo móvil	96
Figura 3.16 Estructura de una trama RS2 de 14,4 Kbps y posición del Bit Indicador de Borrado dentro de la misma en el Canal de Tráfico de Reverso	101
Figura 3.17 Inserción del Bit Indicador de Borrado en el Canal de Tráfico de Reverso	102
Figura 3.18 Control de Potencia en el Enlace Directo para RS2.....	102
Figura 4.1 Planos del móvil CDMA en Cinema 4D	109

Figura 4.2 ACABADO FINAL DEL MÓVIL CDMA EN CINEMA 4D.....	110
Figura 4.3 PLANOS DE LA TABLET WCDMA EN CINEMA 4D.....	110
Figura 4.4 ACABADO FINAL DE LA TABLET WCDMA EN CINEMA 4D.....	111
Figura 4.5 PLANOS DE LA ESTACIÓN BASE EN CINEMA 4D.....	111
Figura 4.6 ACABADO FINAL DE LA ESTACIÓN BASE EN CINEMA 4D.....	112
Figura 4.7 PLANOS DEL SATÉLITE EN CINEMA 4D.....	113
Figura 4.8 ACABADO FINAL DEL SATÉLITE EN CINEMA 4D.....	113
Figura 4.9 PLANOS DEL AUTO EN CINEMA 4D.....	114
Figura 4.10 ACABADO FINAL DEL AUTO EN CINEMA 4D.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ventajas y Desventajas del enlace de ida y enlace de regreso.....	31
Tabla 2.2 Campos del mensaje del canal de acceso.....	42
Tabla 3.1 División de frecuencias de la Banda celular o clase 0.....	71
Tabla 3.2 División de frecuencias de la banda PCS o Clase 1.....	72
Tabla 3.3 Grupos de control de potencia vs. Tasa de trama.....	85
Tabla 3.4 Valores del Tamaño del Paso del control de potencia del lazo cerrado.....	89
Tabla 3.5 Parámetros usados para el control de potencia en el enlace directo.....	93
Tabla 3.6 Valores incrementales para los parámetros D, U y V.....	95

Tabla 3.7 Valores y rangos típicos de los parámetros de control de potencia en el enlace directo.....	99
Tabla 3.8 Conjunto de tasas para RS2.....	99
Tabla 3.9 Valores y rangos típicos de los parámetros de control de potencia en el enlace directo.....	101
Tabla 4.1 Requerimientos de Hardware.....	107
Tabla 4.2 Requerimientos de Software.....	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

1	Efecto Doppler	23
2	Interference Correction	70
3	Banda Clase 0	73
4	Valor TA	74
5	Nivel de Potencia del Móvil a la Estación Base	79
6	Valor PI	80
7	Potencia con que el Móvil Transmite a la Estación Base , una vez Recibido el Primer Bit	82
8	FER	94

ABREVIATURAS

IS-95	Interim Standard 95
CDMA	Code division multiple access
TIA	Telecommunications Industry Alliance
EIA	Electronic Industries Alliance
PN	Pseudo noise
P-REV	Revisiones de Protocolo para IS-95
ANSI	American Network Standards Institute
PCS	Personal Communications Service
MHZ	Unidad Equivalente a un millón de Herzios.
Kbps	Kilo bits por Segundo, unidad de medida para transferencia de información equivalente a 100 bits por segundo.
TSB-74	Technical Service Bulletin
MAC	Media Access Control.
LAC	Link Access Control.
GPS	Global Positioning System.

QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
OQPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying.
RSS	Radio
NSS	Network Switching Subsystem
TSS	Base Station
BTS	Base Transceiver Station
BSC	Base Station Controller
MSC	Mobil Switching Code
HLR	Home Location Register
AUC	Authentication Code
BPSK	Binary Phase – Shift Keying
SID	System ID
NID	Network Identification Number
SSD	Share Secret Data
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
PSTN	Public Switched Telephone Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
BER	Bit Error Rate
FER	Frame Erasure Rate or Frame Error Rate
NOM – PWR	Nominal Transmit Power Offset
INIT – PWR	Initial Power Offset for Access Channel Probes
PWR – STEP	Power Increment for Successful Access Probe

NOM_PWR_EXT	Extended Nominal Transmit Power
K	Factor de regreso para bandas celulares Clase 0 y Clase 1
Tx	Potencia de Transmisión
Rx	Potencia de Recepción
ECIO	Medida de la Evaluación y la Decisiones de CDMA
TA	ACK Response Time Out
AccTMO	Acknowledgment Time Out
RT	Probe Backoff
PROBE_BXOFF	Access Channel Probe Backoff Range
PROBE_PN_RAN	Time Randomization for Access Channel Probes
PAM_SZ	Access Channel Preamble Length
CRC	Cyclic Redundacy Code
MAX_CAP_SZ	Maximun Access Channel Message Capsule Size
MAX_ACQ_SCQ	Maximun Number of Access Probe Sequences for an Access Channel Request
NUM_STEP	Number of Access Probes
BXOFF	Access Channel Probe Sequence Backoff Range
RS	Sequence Backoff
PD	Persistence Delay
PI	Power Increment
Eb/It	Signal to Interference Ratio
PCB	Power Control Bits

PCG	Power Control Group
RS1	Rate Set 1
RS2	Rate Set 2
MUX	Bloque Multiplexor
PWR_CNTL_STEP	Power Control Step Size
TOT_FRAMES	Total Frame Received
BAD_FRAMES	Bad Frames Count
PWR_THRESH_ENABLE	Threshold Report Mode Indicator
PWR_RER_THRESH	Power Control Report Threshold
PWR_REP_FRAMES	Power Control Reporting Frame Count
PWR_REP_DELAY	Power Report Delay
ERRORS_DETECTED	Number Of Frame Errors Detected
PWR_MGAS_FRAMES	Numbers of Frames Received on the Forward Fundamental Code Channel Within the Measurement Period
Fer_small, Fer_big	Parámetros referenciales usados por la Base para mantener un FER adecuado
N	Número de tramas transmitidas
U, D, V	Valores incrementales de Potencia en dB usados por la estación base para el control de potencia del enlace directo
MAX_PAIN	Ganancia máxima digital para el canal de tráfico

MIN_PAIN	Ganancia mínima digital para el canal de tráfico
PMRM	Power Measurement Report Message
PWR_PERIOD_ENABLE	Periodic Report Mode Indicator
FPC_STEP	Valor de temporización usado por la estación base
NOM_PAIN	Potencia nominal de transmisión de la estación base
Up_adj, Down_adj	Valores usados por la estación para incrementar o disminuir la potencia de transmisión en el enlace directo

INTRODUCCIÓN

En redes CDMA, implementar un sistema que controle el nivel de energía o potencia transmitida por los usuarios móviles que intervienen en una conexión determinada, es una característica indispensable de este sistema de red, ya que por este procedimiento evitamos problemas de interferencia debido a un problema común cuando nos referimos a control de potencia en redes CDMA denominado “Problema de Cerca-Lejos”, el cual origina que la señal del usuario móvil se degrade debido a que todos los usuarios que estén enlazados a una misma celda, transmitirán con la misma potencia, degradándose así mutuamente cada señal involucrada en el enlace.

El estudio de este proyecto es pensado desde dos puntos de vista básicos:

Desde el punto de vista académico, queremos generar reflexión y debate sobre el control de potencia en redes CDMA, ya que es uno de los factores críticos que asegura enlaces libres de interferencia (problema de cerca-lejos) y que además ayuda a reducir el consumo de energía de los dispositivos móviles al momento de transmitir datos en general.

Adicional a esto, queremos brindar un servicio Socio-Cultural a cualquier persona interesada en conocer sobre este tema, proporcionándoles información básica y fácil de comprender sobre el tema de Control de Potencia en Redes CDMA, usando el video didáctico propuesto para entender cómo nuestros teléfonos móviles resuelven

problemas de interferencia y ahorro de energía mediante el control de potencia en una red CDMA.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

En este capítulo planteamos una introducción al tema propuesto, el objetivo principal del proyecto así como los objetivos específicos. Adicionalmente, analizamos la metodología a usar, los resultados esperados y algunas observaciones.

1.1 SINOPSIS

En redes CDMA, implementar un sistema que controle el nivel de energía o potencia transmitida por los usuarios móviles que intervienen en una conexión determinada, es una característica indispensable de este sistema de red, ya que por este procedimiento evitamos problemas de interferencia debido a un problema común cuando nos referimos a control de potencia en redes CDMA denominado "Problema de Cerca-Lejos", el cual origina que la señal del

usuario móvil se degrade debido a que todos los usuarios que estén enlazados a una misma celda, transmitirán con la misma potencia, degradándose así mutuamente cada señal involucrada en el enlace.

De manera análoga, aparece otra situación intrínseca que implica el transmitir una señal inalámbrica CDMA sin controlar el nivel de potencia requerido para transmitir exitosamente, y es que cada teléfono móvil cuenta con una batería que le provee energía para su funcionamiento y en este contexto, el transmitir una señal sin controlar los niveles probablemente altos de potencia transmitidos demandará más energía, provocando que la vida útil de la batería y del mismo equipo se acorten.

De manera general, creemos que a un estudiante de Telecomunicaciones comprender este tipo de temas siempre le conlleva cierta dificultad, debido a que debe usar la lógica del pensamiento y razonamiento abstracto y además el uso de matemáticas con un alto grado de complejidad, quedando muchas veces vacíos en el aprendizaje y que difícilmente son llenados.

El estudio de este proyecto es pensado desde dos puntos de vista básicos:

Desde el punto de vista académico, queremos generar reflexión y debate sobre el control de potencia en redes CDMA, ya que es uno de los factores críticos que asegura enlaces libres de interferencia (problema de cerca-lejos) y que además ayuda a reducir el consumo de energía de los dispositivos móviles al momento de transmitir datos en general.

Adicional a esto, queremos brindar un servicio Socio-Cultural a cualquier persona interesada en conocer sobre este tema, proporcionándoles información básica y fácil de comprender sobre el tema de Control de Potencia en Redes CDMA, usando el video didáctico explicativo propuesto para entender cómo nuestros teléfonos móviles resuelven problemas de interferencia y ahorro de energía mediante el control de potencia en una red CDMA.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Crear una herramienta didáctica visual de carácter explicativo para entender el control de potencia en una red is-95 CDMA.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir de manera general una red CDMA.
- Describir el funcionamiento y los canales por los cuales se hace Control de Potencia en redes CDMA.
- Definir o analizar los procedimientos usados en Control de Potencia en IS-95 CDMA.

- Explicar la necesidad del Control de Potencia para redes IS-95 CDMA y de cómo este ayuda al ahorro de energía en los equipos móviles.
- Desarrollo de un video a modo de herramienta didáctica que explique la definición, importancia y funcionamiento del control de potencia en una red IS-95 CDMA.

1.3 METODOLOGÍA

Nuestra metodología de trabajo para poder cumplir con los objetivos propuestos en este proyecto parte de los siguientes puntos:

1. Investigación y análisis de la arquitectura básica de una red CDMA.
2. Investigación y análisis del funcionamiento del Control de Potencia en IS-95 CDMA.
3. Desarrollo de un video a modo de herramienta didáctica meramente explicativa, que instruya al lector de manera concreta y clara sobre el funcionamiento de las fases de Control de Potencia en IS-95 CDMA en los distintos canales usados por la misma para la comunicación exitosa entre el móvil y la estación base.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar este proyecto, esperamos lograr la realización del video mencionado anteriormente, y que este sea un punto de referencia de partida para lograr entender el Control de Potencia en IS-95 CDMA.

1.5 OBSERVACIONES

- El tema que proponemos es netamente teórico sin incluir mediciones ni demostraciones de los métodos, algoritmos o procedimientos usados en IS-95 CDMA.
- Explicación general de una red CDMA para tener una noción básica de la misma, profundizando solamente en el Control de Potencia con el estándar IS-95 CDMA.
- Desarrollo de herramienta visual (video) netamente explicativo sobre el Control de Potencia en IS-95 CDMA utilizando el software Maxon Cinema 4D, utilizando para cumplir con el desarrollo del video únicamente los aspectos básicos necesarios del software para la producción del video.

CAPÍTULO 2

2. DEFINICIÓN Y ARQUITECTURA DE UNA RED CDMA, GENERALIDADES DEL ESTÁNDAR IS-95 Y HERRAMIENTA DIDÁCTICA.

2.1 DEFINICIÓN Y ARQUITECTURA DE UNA RED CDMA

2.1.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.1.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

CDMA (Code División Multiple Access), es un método para acceder a un canal utilizado por diferentes tecnologías de comunicación como la radio y telefonía digital, el cual utiliza la tecnología de espectro ensanchando. Esto

quiere decir que CDMA es una forma de multiplexación que permite que varias señales codificadas sean transmitidos en un canal simple o celda al mismo tiempo, optimizando el uso del ancho de banda. [3][5]

En la Figura 2.1 podemos apreciar el concepto de CDMA.

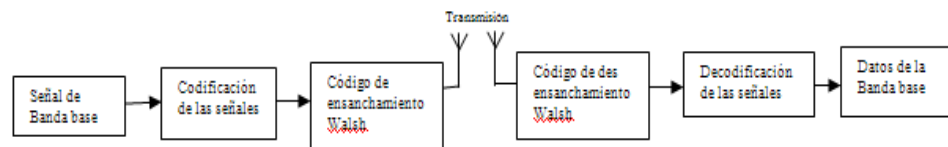


Figura 2.1. Red CDMA[3]

Multiplexación es la combinación de varias señales o paquetes de información por medio de un multiplexor para ser enviadas sobre un portador, al mismo tiempo, en forma de una sola señal compleja, y su vez en el lado receptor se hace la recuperación de las señales separadas, completas e individuales. [5]

En el Figura 2.2 se puede apreciar el concepto de Multiplexación.

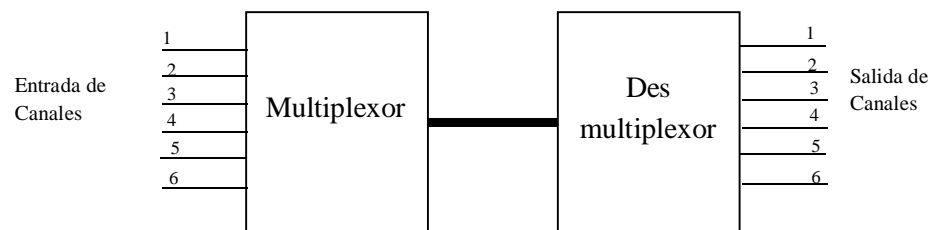


Figura 2.2. Multiplexación

[3]

Canal es el medio físico de transmisión por el cual viajan las señales que llevan la información del emisor y del receptor. Éste medio puede ser cableado, inalámbrico o una mezcla de ambos. Un canal se emplea para cursar varias llamadas de celdas distintas. En el Figura 2.3 se puede observar un ejemplo de uno de los tipos de canales cableado.

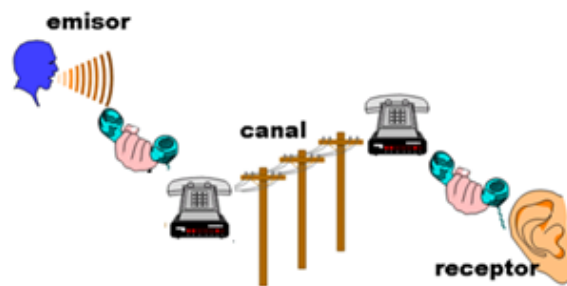


Figura 2.3. Ejemplo de un canal [10]

Celda es el área de cobertura convenida para receptores o transmisores que pertenecen a la misma estación base. Estas celdas pueden usar las mismas frecuencias pero distanciadas lo suficientes para evitar interferencias. La forma ideal que se le da a una celda es de hexágono y la cobertura depende de la potencia de la estación base pero suele ser menor a 15 Km.

En el Figura 2.3 se puede ver un ejemplo de celda.

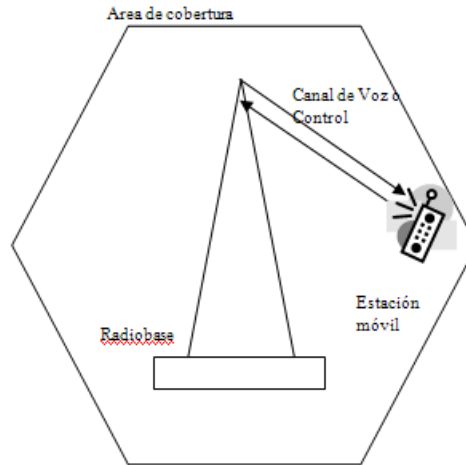


Figura 2.4. Ejemplo de Celda [10]

2.1.1.2 ENSANCHADO Y DES-ENSANCHADO (SPREADING AND DESPREADING)

Spread Spectrum o Espectro ensanchado es una técnica de modulación de una señal a transmitir, que utiliza códigos de ensanchamiento, como se puede observar en el Figura 2.6, en el que se varía deliberadamente la frecuencia para crear un ancho de banda más amplio, Figura 2.5. [10][11]

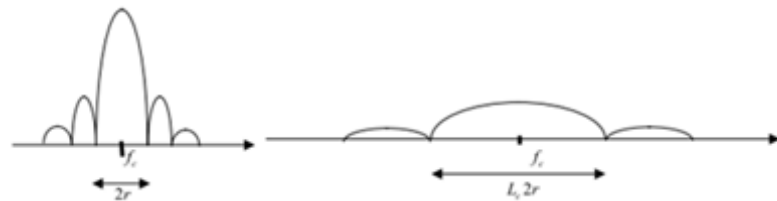


Figura 2.5. Ensanchamiento del espectro [3]

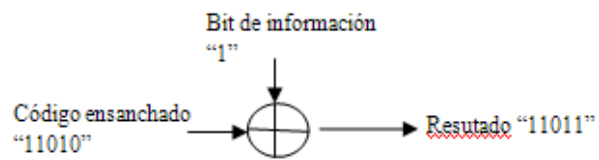


Figura 2.6. Ensanchamiento en CDMA [3]

Mediante el espectro ensanchado varios usuarios pueden usar el mismo canal sin tener problemas de interferencia entre ellos y es seguro.

La manera de ensanchar el espectro es por medio de un código, el cual es independiente del dato, como vemos en el Figura 2.7.

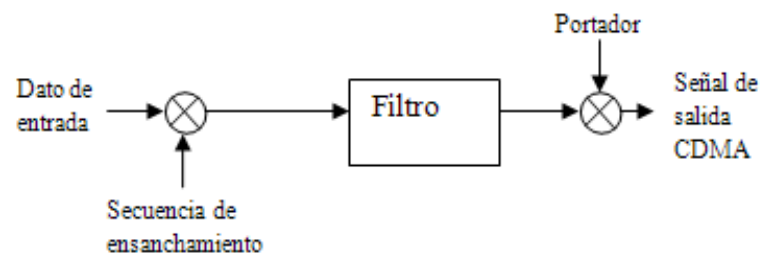


Figura 2.7. Generación del Espectro ensanchado en CDMA[3]

Para des-ensanchar el espectro y recuperar los datos se usa una recepción sincronizada con el código del receptor. Figura 2.8. [11]

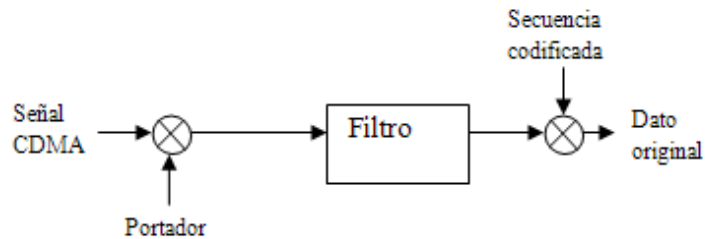


Figura 2.8. Des ensanchamiento del Espectro en CDMA[3]

CDMA asincrónico tiene un nivel de privacidad porque la señal se transmite con un código pseudo aleatorio, gracias a éste código la señal aparece aleatoriamente o con propiedades similares al ruido, por ende, un receptor no puede demodular esta transmisión sin el conocimiento de la secuencia dada para codificar los datos.

Gracias a que el espectro ensanchado ocupa un gran ancho de banda solo una parte pequeña sufre atenuación debido a los múltiples trayectos, esto significa que la pérdida de datos será pequeña y se puede superar.

Los códigos más usados para la transmisión de espectro ensanchado son:

- *Secuencia de longitud máxima.*- Se usa para diferenciar los enlaces de regreso, se usa para comunicación entre el móvil y la estación base. Encripta el contenido de la señal transmitida, así asegura privacidad.
- *Secuencia de Walsh Hadamard.*- Se lo usa para diferenciar los enlaces de ida, es usado en la comunicación desde la estación base al móvil. Provee un codificado ortogonal del 0 al 63.
- *Código Gold.*- Se usa para el ensanchamiento de la señal transmitida. Para esto se suma la señal a transmitir de manera binaria con una señal pseudo aleatoria, independiente a la señal a transmitir.
- *Código Kasami.*- Se usa para los códigos de ensanchamiento y es una secuencia de códigos pseudo aleatorios que cuentan con una correlación de cruce baja.

Las ventajas de usar el espectro ensanchado es que:

- Resiste a todo tipo de interferencias.
- Elimina o suaviza el efecto de interferencia multi-caminos.
- Varios usuarios pueden compartir la misma banda de frecuencia.
- Es seguro gracias a los códigos pseudo aleatorios.

Sus desventajas son:

- El ancho de banda es ineficiente, dado que crece demasiado.
- La implementación de los circuitos suele ser muy compleja. [3][11]

2.1.1.3 MULTI-CAMINOS Y RECEPCIÓN RAKE

La propagación multi-caminos es cuando las señales a las antenas receptoras por dos o más caminos en tiempos diferentes, esto podría causar problemas al recibir la señal por la interacción de las señales que se reciben y el desvanecimiento de la señal por los diversos caminos.

Las señales CDMA son resistentes a desvanecimiento por multi-caminos, dado que la señal de espectro ensanchado ocupa un gran ancho de banda sólo una pequeña porción se va a someter a la atenuación. Así mismo como la interferencia de banda estrecha éste va a dar como resultado solamente una pérdida pequeña de datos pero sí se puede trabajar con esto.

CDMA es resistente a la interferencia multi-camino porque las versiones retardadas de los códigos transmitidos, los mismos que son pseudo-aleatorios tendrán una relación bastante pobre con el código original, esto quiere decir que va a aparecer como otro usuario, al cual el receptor va a

ignorar. Las propiedades de relación de los códigos pseudo-aleatorios son tales que un ligero retraso hace que el multi-caminos sea no relacionada con la señal original, y por lo ende se omite. [10]

En la Figura 2.9 se puede ver un ejemplo de multi-camino.

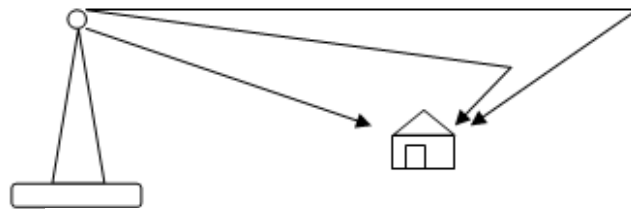


Figura 2.9. Ejemplo de Multi-camino [10]

Un receptor Rake o receptor de barrido es un radio receptor que toma la señal a través de multi-caminos y se encarga de corregir el desvanecimiento de la señal, seleccionando las señales más fuertes.

Algunos dispositivos CDMA utilizan un receptor Rake, que aprovecha componentes de retardo multi-caminos con el fin de mejorar el rendimiento en el sistema. Se utiliza un receptor Rake para combinar la información de diversas fuentes, cada fuente se sintoniza en un retardo de diferente trayectoria, lo que produce una versión de la señal de un receptor simple

mucho más fuerte, la cual tiene solo una correlación que esta sintonizada al retardo del trayecto de la señal más fuerte. [11]

2.1.2 ESTRUCTURA DE LA RED

La estructura de una red en sistemas CDMA está basada en tres subsistemas:

- Radio (RSS)
- Transmisión (TSS)
- Conmutación (NSS).

La Radio está formada por la estación base (BTS) que es el que da cobertura o área de servicio de la red. Para implementar la radio se necesita de la estación base que es la que provee la interfaz, los sistemas de radios o antenas, la torre que permite ubicar los sistemas radiantes y las antenas para enlace de microondas.

La Transmisión está compuesta por los enlaces de microondas que cumplen la función de interconectar los sistemas de radio (RSS) con la conmutación (NSS).

A su vez las ondas microondas están divididas en dos parte: Backhaul, que tiene

equipos de ondas de baja capacidad y Backbone, que tiene una red de microondas de alta capacidad con enlaces de fibra óptica.

La conmutación es la que se encarga de la conmutación de las llamadas que han pasado del radio al sistema de transmisión y enruta las llamadas hacia donde se necesite por medio de interconexiones. Aquí se ven los valores para tarifas. [10]

En el Figura 2.10 se puede apreciar la estructura de una red.

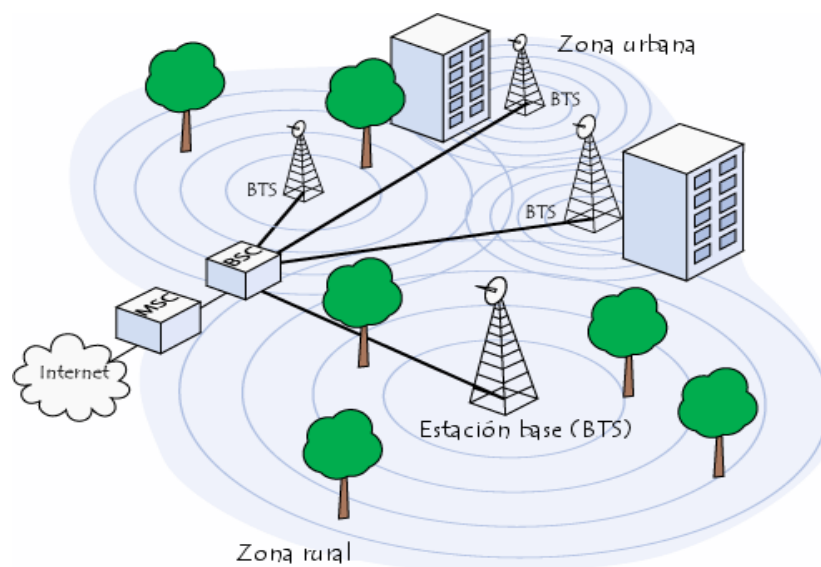


Figura 2.10. Estructura de una red [10]

A continuación se detallan cada uno de los componentes físicos que hacen la estructura de una red: [10]

2.1.2.1 ESTACIÓN MÓVIL

La estación móvil o teléfono móvil se comunica con otras partes del sistema a través de la estación base.

2.1.2.2 LA ESTACIÓN BASE (BTS)

La estación base o BTS es la que se encarga de proveer una interfaz con el dispositivo móvil del usuario, sistema de radio o antena. Es el que provee la cobertura o área de servicio de la red, éste está conformado por transmisores, receptores y antenas.

2.1.2.3 CONTROLADOR DE ESTACIÓN DE BASE (BSC)

El controlador de la estación base o BSC es el que proporciona las funciones de control y los vínculos físicos entre el centro de conmutación móvil y la estación base, entre sus funciones esta la entrega de la información, configurar los datos de la celda y controlar los niveles de potencia en la estación base.

2.1.2.4 CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL (MSC)

El centro de conmutación móvil o MSC es el que se encarga de realizar funciones como la conmutación de telefonía del sistema, la interfaz de la red, y señalización del canal.

2.1.2.5 UBICACIÓN DEL REGISTRO DE INTERIOR (HLR)

Ubicación del registro de interior o HLR es la base de datos que se utiliza para el almacenamiento y la gestión de las suscripciones. También es el responsable de la ubicación de inicio de registro permanente de los usuarios, información sobre la ubicación y estado de actividad.

2.1.2.6 CENTRO DE AUTENTICACIÓN (AUC).

El centro de autenticación o AUC es el que proporciona los parámetros de autenticación y cifrado que verifica la identidad del usuario y garantiza la confidencialidad de cada llamada. Esta misma se encarga también de proteger a los operadores de redes de fraude.

2.1.3 MODULACIÓN

La modulación es el proceso o conjunto de técnicas que usan para transportar información sobre una onda portadora. Esta información puede estar contenida en la amplitud, en la fase o en la amplitud y la fase. [8]

2.1.3.1 MODULACIÓN DE FASE BINARIA BPSK (BINARY PHASE-SHIFT KEYING)

La modulación de fase binaria BPSK al tener un 1 del transmisor, la salida va a ser una onda coseno positivo, al llegar un 0, se obtendrá un onda coseno negativa. Se lo puede apreciar en el Figura 2.11. [8]

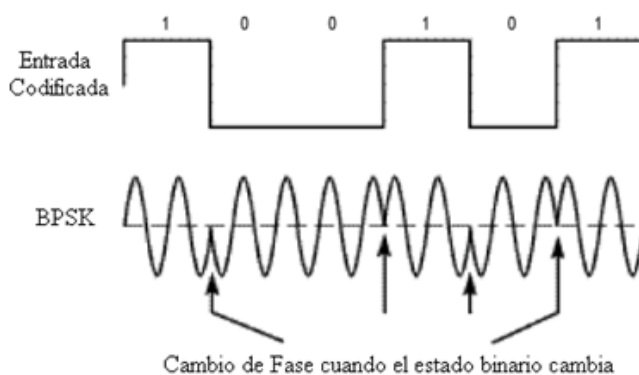


Figura 2.11. Ejemplo de la Modulación BPSK [8]

2.1.3.2 MODULACIÓN DE FASE CUATERNARIA QPSK (QUADRATURE PHASE-SHIFT KEYING)

La modulación QPSK es una modulación de frecuencia donde la fase de la onda portadora se modula para codificar bits de información digital en cada cambio de fase.

En esta modulación la señal modulada tiene cuatro estados posibles, según la combinación de pares de bits, va a ser la fase en la que se encuentre. [8]



Figura 2.12. Cuadro de fases de la Modulación QPSK [5]

2.1.4 DESVANECIMIENTO

Desvanecimiento significa que una señal es atenuada debido a la pérdida de la misma en el espacio, por los obstáculos y resistencia que debe traspasar durante toda su trayectoria hasta su destino final.

Esto quiere decir que dados los obstáculos que se presentan, la señal sufre una variación temporal en la amplitud, fase y polarización en relación a la señal original. [5][6]

Existen dos tipos de desvanecimiento:

- *Desvanecimiento de frecuencia angosta*: Afecta a las amplitudes de las señales recibidas pero no distorsiona su forma.
- *Desvanecimiento de frecuencia selectiva*: Afecta a las señales recibidas tanto en la potencia como en la forma.[6]

2.1.4.1 PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN

La pérdida de propagación es la cantidad de señal que se pierde al atravesar un espacio entre dos puntos de referencia, un emisor y un receptor, dado que la transmisión entre ambos puntos no suele ser lineal.

Existen modelos de predicción para las pérdidas de propagación, entre los más usados tenemos:

- *Espacio Libre*: Éste modelo no considera los obstáculos terrestres (montañas, árboles, edificios, etc) y se lo usa generalmente en sistemas de comunicación satelital.

- *Lee*: Aquí se toma en cuenta el camino directo o mejor conocido como la línea de vista y los caminos indirectos, o sea, la reflexión y refracción, que puede tomar una señal al transmitirse.
- *HATA*: Este modelo está basado en la experiencia y observación en medios urbanos. [5][7][8]

2.1.4.2 DESVANECIMIENTO POR MULTITRAYECTO DE RAYLEIGH

Este es el peor escenario de una señal a transmitir y ser receptada, ocurre cuando hay múltiples caminos indirectos entre el transmisor y receptor y no existe un camino principal claro. [5][11]

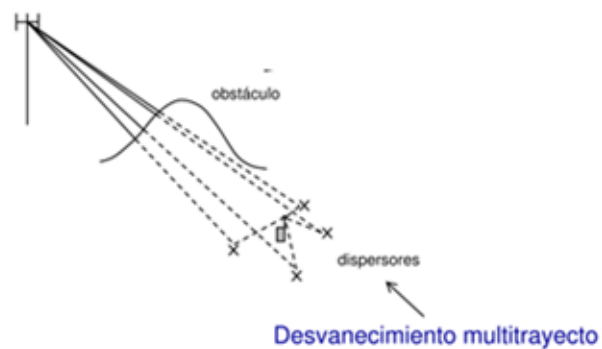


Figura 2.13. Desvanecimiento por Multitrayecto [11]

Esto hace que la señal llegue en diferentes tiempos, amplitudes o fases.

Esto suele pasar en la señal de teléfonos celulares.

2.1.4.2.1 EFECTO DOPPLER

Se da cuando el transmisor y el receptor están en movimiento, la frecuencia portadora recibida es desplazada a la frecuencia portadora del transmisor. [3]

La frecuencia Doppler suele ser dada por:

$$f_{D,n} = \frac{v}{\lambda}$$

Ecuación (1)

Donde:

- ✓ v = Velocidad del móvil.
- ✓ λ = Longitud de onda de la señal.

2.1.5 ENLACE DE IDA

En CDMA la canalización es usada para la extensión de los códigos, en el enlace de ida el código usado para la extensión, es el código Walsh. Son 64 códigos Walsh, cada código esta dado en bits y están divididos para cumplir diferentes funciones, sea para el canal piloto, sincronización, Paging o tráfico.

El ancho de banda va desde los 869MHz a 894 MHz y es transmitido desde la estación base hacia el móvil, como se puede observar en el Figura 2.14. [3][10]

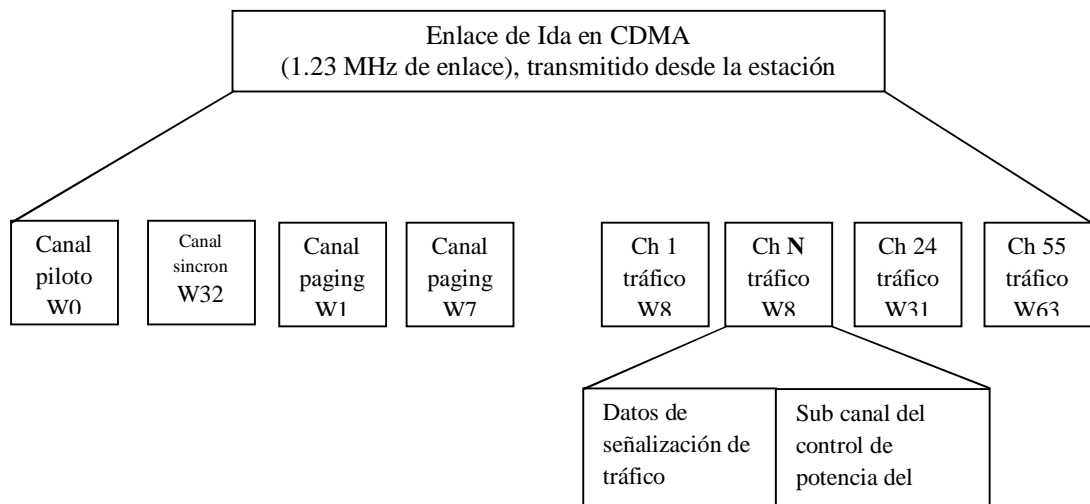


Figura 2.14. Enlace de Ida en CDMA [10]

2.1.5.1 CANAL PILOTO

El canal piloto tiene asignado el código Walsh 0, el cual no lleva información. El canal piloto es una señal de espectro ensanchado sin modular que es usada para sincronizar la estación móvil operante con el área de cobertura de la estación base, compara la potencia a la que la

señal es enviada entre estaciones bases diferentes y con esto decide si se hace el inicio del Handoff.

El canal piloto es transmitido todo el tiempo por la estación base en cada enlace de ida activo y cada estación base transmite una señal piloto en diferentes tiempos offset. [10]

2.1.5.2 CANAL DE SINCRONIZACIÓN

El canal de sincronización es definido con el código de enlace W32, transporta la sincronización del mensaje a la estación móvil, es usado por la unidad móvil para adquirir el tiempo inicial de sincronización, éste canal opera a una tasa fija de 1200bps. El móvil normalmente no reutiliza el canal de sincronización hasta que se encienda nuevamente y éste tiene un indicativo para la estación base de la serie PN para offset. [9][11]

El canal de sincronización contiene:

- Revisión del protocolo de la estación base.
- Soporte de la revisión del protocolo Min.
- SID, NID del sistema celular.
- Secuencia piloto PN de offset de la estación base.

- Estado de código largo.
- Tiempo del sistema.
- Segundos saltados desde el tiempo de inicio del sistema.
- Diferencia de la hora local con la hora del sistema.
- Guardar banderas de tiempo.
- Tasa de datos del canal Paging.
- Número del canal.

2.1.5.3 CANAL DE PAGING

Este canal es el responsable de proveer información y también instrucciones al instrumento portátil y avisos de reconocimiento después de los diversos intentos para acceder. Actúa con una velocidad que puede variar de 4.8Kbps a 9.6Kbps.

Al enviar una llamada a la estación móvil, ésta recibe un page de la base por medio de un canal de Paging previamente asignado. [9][11]

El canal de Paging contiene:

- Identificador de la estación base
- Cantidad de canales Paging

- Índice de offset de secuencias PN piloto que se encuentran cercanas
- Bloqueo del dispositivo hasta que se lo encienda
- Liberación del bloqueo
- Identifica los números de los que se reciben las llamadas
- Cantidad de mensajes en espera
- Parámetros del sistema
- Parámetros de acceso
- Orden
- Asignación de canales
- Autenticación
- Actualización SSD
- Notificación de funciones
- Lista de vecinos ampliada
- Solicitud de estado
- Servicio de redirección
- Página general
- Redirección de servicio global
- Asignación TMSI

2.1.5.4 CANAL DE TRÁFICO

Este canal es usado con el fin de emitir voz y paquetes de datos de los usuarios y mensajes de señalización a una estación móvil específica durante una llamada. Al utilizar un Vocoder con tasa no constante (que varíe), se puede codificar la voz, aunque también depende de la actividad que tiene la voz.

El máximo número de canales de tráfico directo que pueden ser soportados al mismo tiempo por un canal en CDMA es de 63, menos el número de canales de búsqueda y sincronización. [9][11]

Este canal es responsable de:

- Pedir al móvil que pruebe su identidad
- Enviar al móvil la información necesaria para comenzar el proceso de Handoff
- Actualizar los parámetros de las estaciones base vecinas enviados por el canal de Paging
- Informar al móvil que está registrado

2.1.6 ENLACE DE RETORNO

Para éste enlace la comunicación se divide en dos canales, de acceso y de tráfico. Los canales de acceso hacen la función acceder a la señalización, donde

se hace el canal de tráfico que tiene en su mayoría la función de transportar el tráfico.

El enlace de retorno va desde los 824MHz a los 849MHz de ancho de banda y es transmitido por la estación móvil. Se lo puede apreciar en el Figura 2.15. [3]

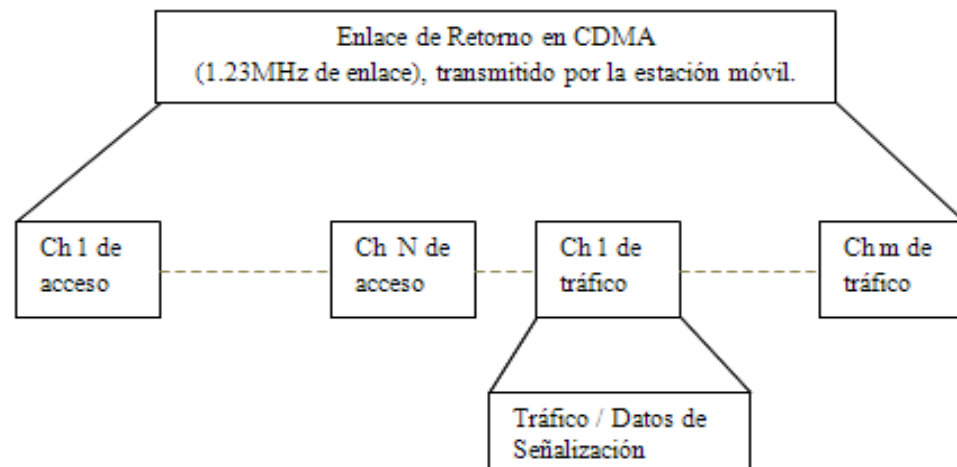


Figura 2.15. Enlaca de retorno en CDMA [10]

2.1.6.1 CANAL DE ACCESO

Este canal se usa para establecer comunicación entre dos estaciones, la móvil con la base, cuando no se le ha asignado un canal de tráfico a la estación móvil.

Existen dos tipos de mensaje enviados sobre éste canal: un mensaje de respuesta (en respuesta a un mensaje de la estación base) o un mensaje de petición (enviado por el móvil). El móvil utiliza éste canal para originar llamadas y responder a los mensajes del canal paging, la los datos aquí no tienen sentido, por lo que en la estación base se hace más difícil la detección, por esto, se divide la información en grupos de 6 símbolos en binario y se les da un Walsh code, con esto se facilita su identificación.

La secuencia larga PN es usada para distinguir los diferentes canales de acceso. [9][11]

El canal de acceso se encarga de:

- Registro del mensaje
- Orden del mensaje
- Mensaje de la ráfaga de datos
- Mensaje de origen
- Mensaje de respuesta de la página
- Mensaje de respuesta de la petición de autenticación

2.1.6.2 CANAL DE TRÁFICO

Este canal se usa para enviar netamente voz y datos pero del usuario. En éste canal consta un bloque que combina de forma aleatoria la ráfaga de datos y esto permite tomar ventaja del factor de actividad de voz sobre el enlace de retorno. [9][11]

El canal de tráfico se encarga de:

- Datos generados por el usuario
- Liberación (al detectar potencia baja)
- Valida la identidad del dispositivo
- Números de origen, destino y conectado
- Datos del nivel de las señales pilotos

2.1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ENLACE DE IDA Y EL ENLACE DE REGRESO.

	Enlace de ida (Estación base al móvil)	Enlace de regreso (Móvil a estación base)
Ventajas	Transmisor de alta Potencia.	Amplia gama del control de potencia.

Ventajas	Canal piloto. Diversidad de tiempo añadido. Canales de código ortogonales.	Diversidad en la recepción en la base.
Desventajas	Complejidad del Soft Handoff.	Demodulación no coherente. Potencia limitada. Canales de código no correlacionadas.

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas del enlace de ida y enlace de regreso [3][9][10]

2.1.8 CODIFICACIÓN DE CANAL

La codificación del canal es una técnica que se usa para tratar de que la información del mensaje llegue lo más óptimo posible sin tanto deterioro de la calidad que pueda ser percibida por los usuarios, o sea, para controlar errores.

Después de codificar la fuente, para poder recuperar el mensaje en las mejores condiciones se introduce la redundancia. Esto quiere decir que del mismo

mensaje se insertan bits redundantes con el código usado y se aumenta la velocidad de transmisión.

Entonces el decodificador del canal, que conoce el código usado en la transmisión, verifica si éste código se respeta en la recepción, si no es así, se deduce la presencia de errores de transmisión.[7][10]

2.1.8.1 CÓDIGOS DE BLOQUES

El mensaje se transmite en bloques, esto quiere decir que el mensaje se corta en bloques. Cada bloque se trata de forma independiente por un algoritmo, el que le agrega la redundancia, produciendo un bloque más largo.

Al hacer esto se toma una entrada en la que varía la longitud y se la cambia a un código de tamaño fijo, en bloques.[7][10]

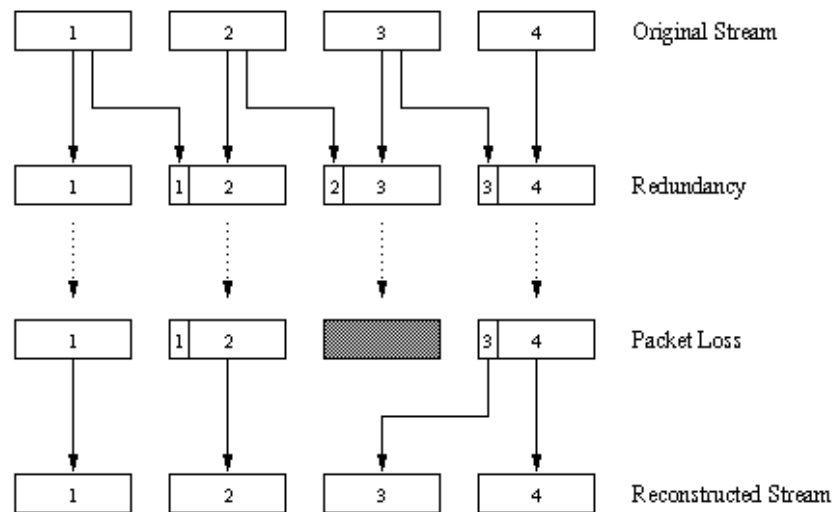


Figura 2.16. Ejemplo del código de bloques [11]

2.1.8.2 CÓDIGOS CONVOLUCIONALES

Es un mensaje que se transmite de manera continua, esto quiere decir que se trabaja de manera continua y en serie. Se generan n bits por cada x bits de información de entrada.

Esto quiere decir que el mensaje cambia de estado según la secuencia de entrada, estos códigos tienen memoria. Los más importantes códigos convolucionales son: secuencial, retroalimentación y el algoritmo de Viterbi.[7]

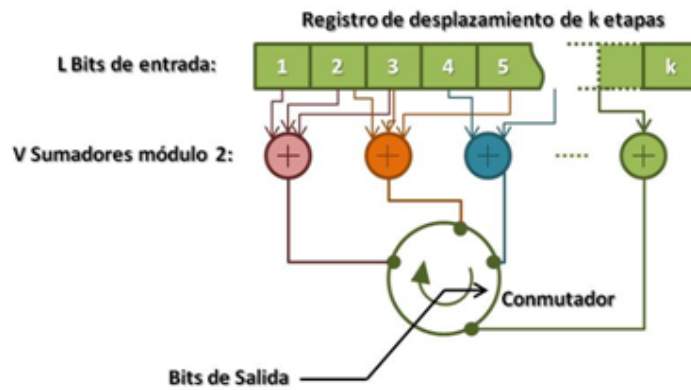


Figura 2.17. Código Convolucional [9]

2.1.8.3 INTERCALADO

Intercalado (Interleaving) es la técnica que da la aleatoriedad a los bits dentro del mensaje, mejorando el ancho de banda por medio de la organización de la información digital en forma no contigua. Esto se hace para combatir los errores que se dan por la atenuación de la señal, y permiten que esta tenga un nivel razonable de potencia. [8]

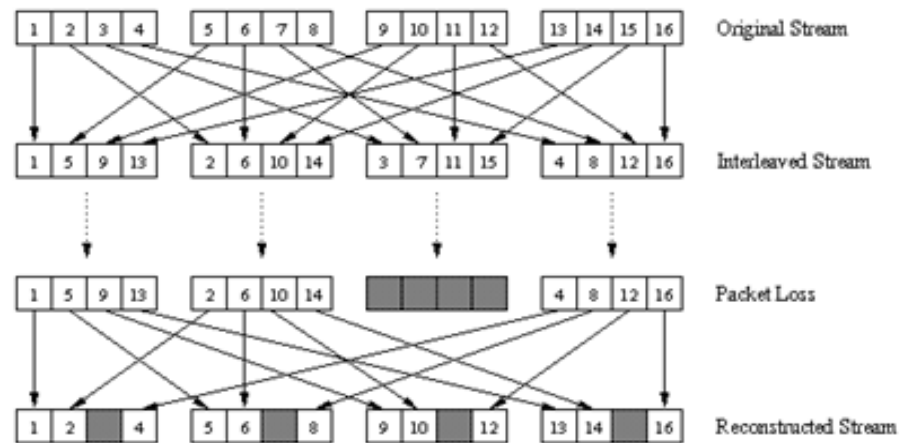


Figura 2.18. Interleaving [10]

2.1.9 CAPACIDAD DEL CANAL

La capacidad en CDMA es suave, tiene todos los usuarios en cada frecuencia y separados por códigos. Esto quiere decir que CDMA puede operar en presencia de ruido e interferencia, además las celdas vecinas usan las mismas frecuencias.

CDMA utiliza un Vocoder, Vocoder es un analizador y sintetizador de voz, éste utiliza para transmitir voz, un ancho de banda pequeño, no utiliza una tasa fija, esto quiere decir que cuando hay silencio, baja la tasa de bits. [6][9][11]

La capacidad del sistema depende de:

- Demodulación del receptor

- Precisión del control de potencia
- Potencia de interferencia producida por otros usuarios en la misma celda o en celdas vecinas

Ciertos factores que afectan la capacidad del canal son:

- *Efectos de carga:* Es cuando hay demasiadas celdas con clientes que causan intromisión o cruce en las celdas que se encuentran cerca.
- *Factor de re uso de frecuencia:* En CDMA se puede reutilizar los mismos canales físicos de frecuencia en cada celda del grupo base, pero puede existir interferencia entre los canales.

Al sectorizar las celdas se puede mejorar la capacidad, esto consiste en dividir las celdas según la cobertura de las antenas, con lo que se reduce el número de celdas por grupo.

- *Efectos de la actividad de voz:* El vocoder IS-95 utiliza una tasa variable, que soporta cuatro tasas: 9600, 4800, 2400 y 1200 Kpbs, lo que quiere decir que durante periodos de silencio la tasa de bits baja y el vocoder puede ajustarse al patrón de voz de cada usuario.

2.1.10 PROCESAMIENTO DE LA LLAMADA EN IS-95 CDMA

El procesamiento de una llamada en IS-95 CDMA es el proceso en el cual se establece, mantiene o corta una llamada entre la estación móvil y la otra parte.

La llamada puede ser de Móvil a Móvil o de Móvil y un Usuario de Telefonía Fija (en este caso se usa la red PSTN para enrutar los paquetes).

Debido a que el móvil es el punto común de ambos casos, el estándar IS-95 describe los diferentes estados por los que el móvil atraviesa desde que se inicia hasta que termina una llamada.

El procesamiento de llamada en la estación base no se especifica en IS-95 ya que los fabricantes de la misma pueden implementar sus propias tecnologías y algoritmos para procesar de la manera más eficiente una llamada.[12]

La estación móvil puede encontrarse en cualquiera de los estados listados a continuación:

- Estado de Inicialización
- Estado Libre del Sistema

- Estado de Acceso al Sistema
- Estado de Canal de Tráfico

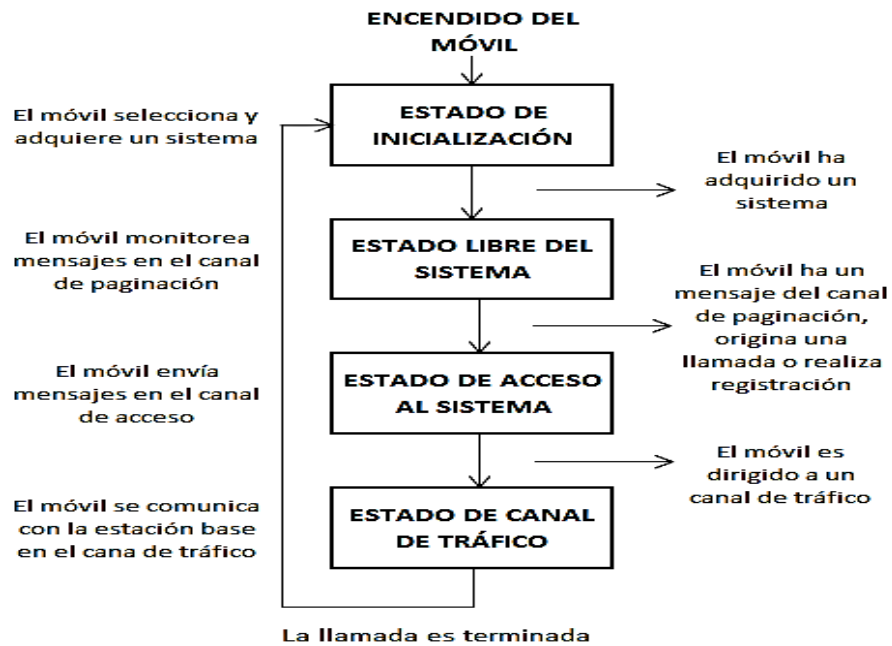


Figura 2.19 Estados de Procesamiento de una llamada de la Estación Móvil [6]

A continuación describiremos las generalidades de cada estado para la estación móvil.

2.1.10.1 ESTADO DE INICIALIZACIÓN

En este estado, el móvil atraviesa secuencialmente los siguientes sub-estados: [12]

- Sub-estado de determinación del Sistema
- Sub-estado de adquisición de Canal Piloto
- Sub-estado de adquisición de Canal de Sincronización
- Sub-estado de cambio de Temporización

Sub-estado de determinación del Sistema

En este sub-estado, el móvil selecciona que sistema de la banda celular usará. Luego, el móvil elige el modo CDMA y selecciona la portadora que usará.

La estación móvil pasa al siguiente sistema.

Sub-estado de adquisición de Canal Piloto

Es este sub-estado, el móvil demodula y adquiere el canal piloto del sistema CDMA que selecciono en el estado anterior dentro de un intervalo de temporización.

Si el móvil adquiere el canal piloto dentro del intervalo de temporización pasa al sub-estado de adquisición de Canal de Sincronización. Si no adquirió el canal piloto dentro de la temporización, retorna al sub-estado de determinación del Sistema.

Sub-estado de adquisición de Canal de sincronización

Es este sub-estado, el móvil adquiere el canal de sincronización del sistema CDMA dentro de un intervalo de temporización.

En el canal de sincronización, el móvil recibe configuraciones del sistema e información de temporización.

Si el móvil adquiere el canal de sincronización dentro del intervalo de temporización, compara si el nivel de revisión de protocolo del propio móvil es mayor o igual al nivel de revisión de protocolo de la estación base. Si la comparación fu verdadera, pasa al siguiente sub-estado, caso contrario regresará al sub-estado de determinación del sistema si la comparación anterior fue falsa o si no se recibió el Mensaje del Canal de Sincronización.

[11][12]

Sub-estado de cambio de Temporización

En este sub-estado, la estación móvil sincroniza su temporización a la del Tiempo del Sistema CDMA y su fase de código-largo a la del sistema CDMA.

En este sub-estado, el móvil usa algunos parámetros que ha obtenido del Mensaje del Canal de Sincronización para lograr la sincronización con el Sistema CDMA elegido.

En la Figura 20.2. se muestran los parámetros enviados en el Mensaje de Canal de Sincronización, tales como PILOT_PN, LC_STATE y SYS_TIME los cuales son usados para lograr la sincronización de fase de código-largo y el Tiempo del Sistema.

PARÁMETROS	LONGITUD (bits)
MSG_TYPE (00000001)	8
P_REV	8
MIN_P_REV	8
SID	15
NID	16
PILOT_PN	9
LC_STATE	42
SYS_TIME	36
LP_SEC	8
LTM_OFF	6
DAYLT	1
PRAT	2
CDMA_FREQ	11

Tabla 2.2 Campos del Mensaje del Canal de Acceso [12]

2.1.10.2 ESTADO LIBRE DEL SISTEMA

En este estado también llamado Estado Inactivo, el móvil monitorea el Canal de Paginación del Enlace Directo, con el propósito de recibir mensajes y llamadas entrantes.

El Canal de Paginación transmite en slots (espacios) de tiempo de 80 ms y el móvil monitorea estos slots solo durante intervalos de tiempo asignado, con el fin de poder ahorrar energía de la batería.

Mientras la estación móvil está en este estado, es posible que el móvil se mueva de un área a otra, provocando que el móvil tenga que hacer un traspaso (handoff) para rastrear un nuevo conjunto de señales piloto activas, vecinas y remanentes de otras estaciones bases y decidirse por la que tenga mayor potencia.

En este estado, el móvil solo monitorea el Canal de Paginación de una sola estación base. Por lo tanto, Soft-Handoff no es aplicable, ya que en este proceso se monitorea varios conjuntos de señales pilotos provenientes de otras estaciones bases. [6][10][12]

2.1.10.3 ESTADO DE ACCESO AL SISTEMA

En este estado, el móvil transmite mensajes en el Canal de Acceso y recibe mensajes en el Canal de Paginación.

La estación móvil atraviesa seis sub-estados en el Estado de Acceso al Sistema:

- Sub-estado de actualización de información
- Sub-estado de respuesta de página
- Sub-estado de creación de intento de la estación móvil
- Sub-estado de registro de acceso
- Sub-estado de respuesta orden/mensaje de la estación móvil
- Sub-estado de transmisión de mensajes de la estación móvil

Sub-estado de actualización de información

En este sub-estado, el móvil ya ha recibido los mensajes de configuración en el canal de paginación, luego compara la secuencia de cada mensaje para determinar si debe o no actualizar los mensajes de configuración que recibió.

Sub-estado de respuesta de página

El móvil envía un Mensaje de Respuesta de Página en respuesta al mensaje de página enviado por la estación base. Luego, al recibir el Mensaje de Respuesta de Página la estación base envía al móvil un Mensaje de Asignación de Canal en el Canal de Paginación con el fin de iniciar el establecimiento de la llamada.

Sub-estado de creación de intento de la estación móvil

El móvil envía un Mensaje de Creación a la estación base con el fin de originar una llamada. Después de que se recibe el Mensaje de Creación, la estación base envía al móvil un Mensaje de Asignación de Canal en el Canal de Paginación con el fin de iniciar el establecimiento de la llamada.

Sub-estado de registro de acceso

En este sub-estado, el móvil envía un Mensaje de Registro a la estación base.

El registro es el proceso por el cual la estación móvil informa a la estación base acerca de su identificación, estado, localización y demás información.

Sub-estado de respuesta orden/mensaje de la estación móvil

Aquí, el móvil envía una respuesta a la estación base en respuesta a cualquier otro mensaje enviado por la estación base.

Sub-estado de transmisión de mensajes de la estación móvil

Este sub-estado es opcional. Aquí se envía un Data Burst Message a la estación móvil.

Procedimientos de Acceso

Se utilizan diferentes técnicas para lograr que varios móviles accedan a una estación base, evitando posibles colisiones en el tiempo de las señales de las estaciones móviles. [7][9][10]

Los procedimientos de acceso se los explica con detalle en el Capítulo 3.

2.1.10.4 ESTADO DEL CANAL DE TRÁFICO

Cuando el intento de acceso es exitoso, la estación móvil pasa al estado de canal de tráfico.

En este estado es cuando se origina la comunicación de voz. Para concluir una llamada el móvil envía una petición de liberación de llamada y espera la respuesta desde la estación base, también la estación base ordena al móvil terminar la llamada y liberar los recursos en cualquier momento, esta información se transmite a través del canal de tráfico de ida.

Adicionalmente se envían mensajes de control de potencia para mantener los niveles de energía irradiados por el móvil y la estación base dentro de los rangos permitidos para tener una calidad de voz aceptable y evitar

causar la menor interferencia posible en otros móviles y estaciones base.[10][11]

2.1.11 HANDOFF EN IS-95 CDMA

En general, Handoff o traspaso es el proceso por el cual el móvil se traslada a un nuevo canal de tráfico.

El móvil puede trasladarse a una nueva celda donde, se le asignará un nuevo canal de tráfico para la comunicación y asegurar la conectividad del móvil al sistema.

Por otro lado, el móvil puede cambiar de canal de tráfico y aún seguir en la misma celda.

La ejecución del proceso de Handoff en un móvil dependerá de la cobertura de la estación base, donde cuando el móvil se está moviendo y sale de la zona de cobertura, el mismo debe buscar una nueva estación base para mantener sin interrumpir la comunicación.

Por lo tanto, el proceso de Handoff permite a la estación móvil mantener una conexión ininterrumpida con el sistema CDMA para asegurar la calidad del servicio brindado cuando el usuario se está moviendo. [12]

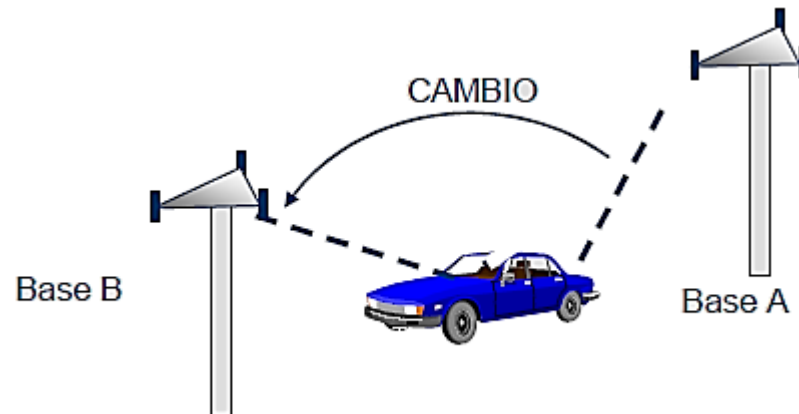


Figura 2.20. Proceso de Traspaso (Handoff) entre dos estaciones bases.[12]

2.1.11.1 TIPOS DE HANDOFF

Se definen varios tipos de Handoff dependiendo de cómo se realice el traspaso, de los cuales se describen las generalidades para cada caso .

[3][6][8][11]

Softer Handoff

Este tipo de traspasos ocurre una transición del móvil entre dos sectores en la misma célula.

En el enlace directo, la estación móvil combina las señales recibidas usando el receptor RAKE para combinar las señales provenientes de dos diferentes sectores de la célula.

En el enlace de reversa, dos sectores de la misma célula simultáneamente reciben dos señales provenientes de la estación móvil. Las señales son desmoduladas y combinadas dentro de la célula y solo una trama es enviada de regreso a la MSC.

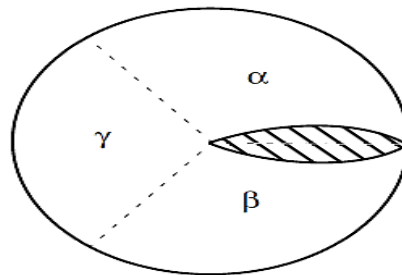


Figura 2.21. Softer-Handoff [3]

En la Figura 20.2 se observa que Softer-Handoff se realiza cuando el móvil se encuentra en la frontera entre dos secciones de una misma Celda.

Soft-Handoff

Este tipo de traspaso es usado por el estándar IS-95 CDMA, donde la estación móvil mantiene conexión con dos estaciones bases al mismo tiempo, con la finalidad de que el enlace no se interrumpa en ningún momento.

En el enlace directo, el móvil utiliza el receptor Rake para desmodular dos señales separadas de dos estaciones bases diferentes y procesar los parámetros necesarios de cada una de ellas para lograr el traspaso suave (Soft-Handoff).

En el enlace de reversa, la señal transmitida del móvil es recibida por ambas estaciones bases, donde cada una de ellas desmodula la señal del móvil, para luego enviar las tramas hacia la MSC, donde está mediante un selector, selecciona la mejor salida de cada trama para ser enviada a la estación base correspondiente.

Este proceso es prácticamente imperceptible para el usuario que está realizando una llamada, pero demanda mucho más recursos en comparación a Softer-Handoff.

Dependiendo de la configuración física de las estaciones bases, se tiene dos casos en este proceso de traspaso:

- **Soft-Handoff de dos vías.**

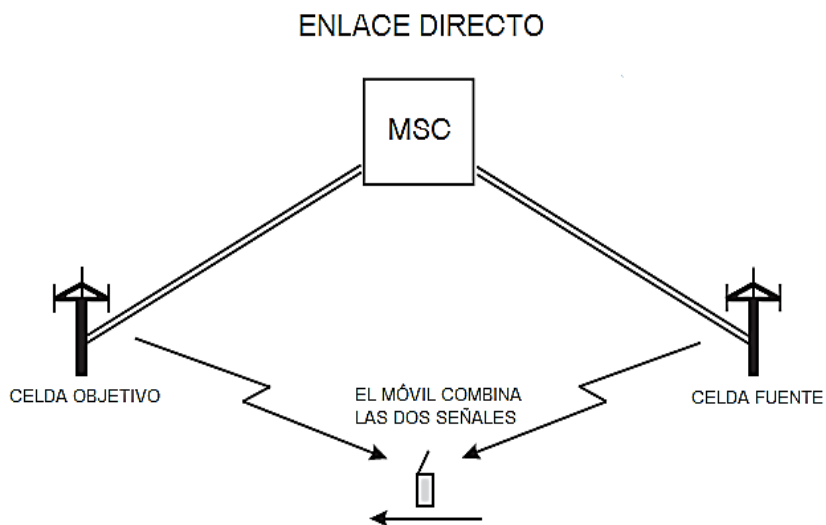


Figura 2.22 Soft-Handoff en el Enlace Directo [12]

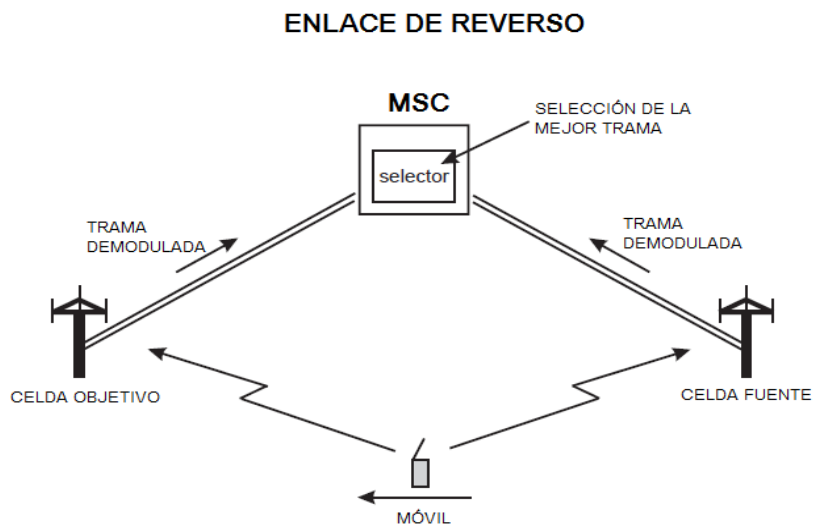


Figura 2.23. Soft-Handoff en el Enlace de Reverso [12]

El traspaso se hace entre un sector de dos diferentes celdas.

La estación base que en un principio tiene control directo del procesamiento de la llamada es conocida como Estación Base Primaria.

La estación base que no tiene control directo sobre el procesamiento de la llamada se denomina Estación Base Secundaria.

Si se descarta la Estación Base Primaria en el proceso de traspaso, la Estación Base Secundaria se convierte en Estación Base Primaria y pasa a tener control directo del procesamiento de la llamada.

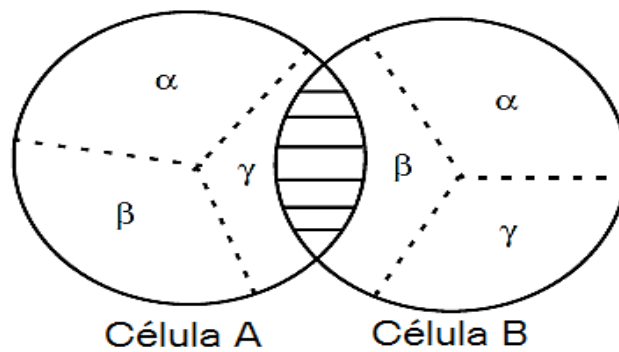


Figura 2.24. Soft-Handoff de dos vías. [3]

- **Soft-Handoff de tres vías.**

El traspaso se hace entre un sector de tres diferentes celdas.

La estación base que en un principio tiene control directo del procesamiento de la llamada es conocida como Estación Base Primaria.

Las estaciones bases que no tienen control directo sobre el procesamiento de la llamada se denominan Estaciones Bases Secundarias.

Cuando se descarta una de las tres Estaciones Bases en el proceso de Soft-Handoff, se convierte en un sistema Soft-Handoff de dos vías.

Si se descarta la Estación Base Primaria en el traspaso de tres vías, se elige una nueva Estación Base Primaria entre las dos Estaciones Bases Secundarias restantes, mediante procedimientos específicos de Soft-Handoff.

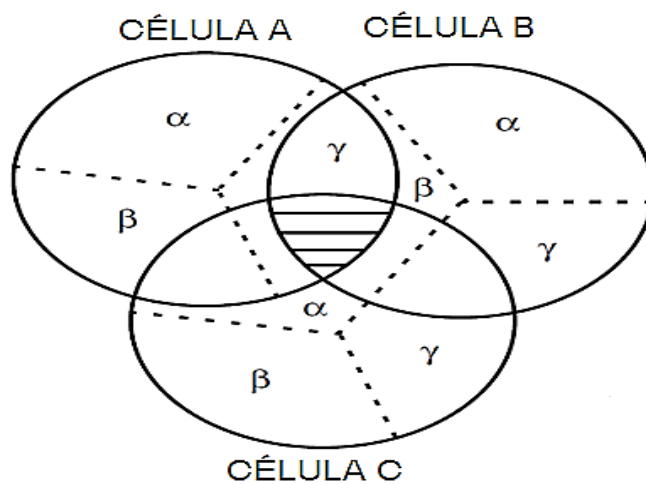


Figura 2.25. Soft-Handoff de tres vías. [3]

Soft-Softer Handoff

En este tipo de traspaso, el móvil se comunica con dos sectores de una celda y con un sector de otra celda. Para lograr esto, se requiere el uso de recursos tanto para el proceso de Soft-Handoff como para el de Softer-Handoff (Figura 25.2).

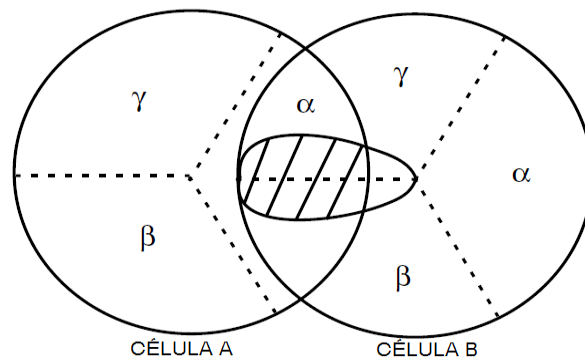


Figura 2.26. Soft-Softer Handoff [3]

Hard Handoff

Hard Handoff se caracteriza por terminar la conexión antes de realizar el Handoff. Es decir, que por un momento el móvil pierde el enlace con la estación base que tiene control directo del procesamiento de llamada, antes de enlazarse a una nueva estación base.

En este escenario se pueden distinguir dos tipos de Hard-Handoff (traspaso duro):

- Traspaso de CDMA-a-CDMA
- Traspaso de CDMA-a-Analógico

Traspaso Duro CDMA-a-CDMA

Este tipo de traspaso ocurre cuando el móvil está en transición de cambio entre dos portadoras CDMA o cuando está cambiando entre dos sistemas de operadora. [11]

Traspaso Duro CDMA-a-Análogo

CDMA-a-Análogo ocurre cuando una llamada CDMA está siendo redirigida a una red análoga. Esto se da cuando el móvil se encuentra en movimiento en zonas donde no hay servicio CDMA pero si servicio análogo.

2.2 DEFINICIÓN DE UNA RED IS-95 Y ESTÁNDAR IS-95 A E IS-95 B CDMA

El Estándar Provisional 95 o IS-95 (por sus siglas en inglés, Interim Standard), fue el primer estándar base para telefonía digital CDMA desarrollado por Qualcomm. Al IS-95 también se lo conoce como TIA – EIA – 95.

TIA es la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones.

CDMA o división de código para acceso múltiple es un sistema de radio digital que transmite un torrente de bits en código PN.

El término IS-95 se aplica de manera general para un conjunto de revisiones tempranas de protocolos, denominadas P_Rev que va de la 1 a la 5, donde tenemos los P_Rev: [12]

1. IS-95 Fue desarrollado bajo un proceso estándar ANSI, fue definido solamente para bandas PCS (1900 MHz, Banda de clase 1) y bandas celulares (800 MHz, Banda de clase 0).
2. IS-95A, fue desarrollado solamente para la Banda de clase 0, como una mejora sobre el IS-95 en los procesos estándar TIA. Es capaz de transportar datos a velocidades de hasta 14.4 kbps.
3. TSB-74 o Boletín de Servicios Técnicos, fue la siguiente mejora sobre el IS-95A.
4. IS-95B, fase 1 e IS-95B, fase 2, éste estándar surge de la fusión de los estándar TIA y ANSI, fue el primer estándar que previno la interoperación en la banda dual, o sea en ambas bandas para el handset móvil y es capaz de transportar datos a velocidades de 115 kbps.

5. IS-2000, fue la última mejora para éste estándar, mucho más maduro en términos de capas y contenido, además tienen un respaldo de compatibilidad con el IS-95.

El estándar IS – 95 describe una interface aérea, un conjunto de protocolos se usa entre una unidad móvil y una red. El estándar IS – 95 se puede describir ampliamente como una pila de tres capas, donde L1 corresponde a la capa física, L2 corresponde al Control de Acceso Medio (MAC) y el Control de Acceso de Enlace (LAC) como subcapas, y por último, L3 para el estado del equipo en el procesamiento de la llamada.

Capa Física, L1

IS-95 define la transmisión de las señales en ambos sentidos, sean directa (de la red al móvil) o inversa (del móvil a la red).

Cuando es una transmisión directa, las señales de radio son transmitidas por la estación base, cada estación base es sincronizado con un receptor GPS, por lo que las transmisiones son bastante acertadas en el tiempo, estas transmisiones son QPSK. Cada señal es difundida con un código de Walsh y longitud de 64.

Cuando la transmisión es reversa, las señales de radio son transmitidas por el móvil, estas transmisiones son OQPSK para poder operar en un rango óptimo para la potencia de amplificación del móvil.

Capa 2, L2

Cuando la llamada ya ha sido establecida, el dispositivo móvil es restringido a usar el canal de tráfico, el formato de ésta trama es definido en el MAC para que el canal de tráfico permita la voz regular (vocoder) o bits de datos para multiplexar con fragmentos de la señal de mensaje.

Los fragmentos de la señal de mensaje se juntan en el LAC y aquí se completa la señal mensaje que pasa a la capa 3. [12]

El estándar usado en nuestro proyecto es el IS-95 B

2.3 DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITO DE UN VIDEO DIDÁCTICO

Un video didáctico es una herramienta visual y auditiva que ayuda a la enseñanza y aprendizaje de una persona.

En éste caso específico, hemos decidido crear un video didáctico basado en el control de potencia para un sistema IS-95 CDMA, en el que se explica por medio de gráficas móviles (video) y audio detalladamente qué es el control de potencia, cómo funciona y los tipos de enlaces, con el fin de que explicándolo en un vocabulario sencillo y con animaciones sea más fácil para el espectador comprender éste tema.

CAPITULO 3

3. CONTROL DE POTENCIA EN IS-95 CDMA

3.1 CONTROL DE POTENCIA EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

El control de potencia es una característica fundamental que debe definirse en cualquier tipo de comunicación móvil bidireccional. Este control se torna esencial en los sistemas terrestres de acceso múltiple, donde las pérdidas de propagación pueden variar hasta el punto que el receptor no sea capaz de reconocer una señal en particular.

La presencia de problemas en la recepción de una señal específica es muy frecuente debido a las grandes distancias entre el transmisor y el receptor, al desvanecimiento y en menor magnitud, por problemas de ensombrecimiento

(shadowing). La solución temporal a estos problemas se logra aumentando la potencia de la señal irradiada por el transmisor para lograr una mayor cobertura. Pero, debido a que transmitir a una potencia muy alta implica más demanda de energía, no es una solución factible desde el punto de vista de ahorro energético.

Por otro lado y en especial en tecnologías que usan sistemas de acceso múltiples (por ejemplo CDMA o UMTS), incrementar la potencia de transmisión de un dispositivo genera interferencia al momento de intentar recuperar la información de una señal específica en el receptor objetivo y en otros dispositivos receptores que operen en canales inalámbricos cercanos o iguales a la de la señal transmitida, provocando que ciertos segmentos de la señal contengan errores, degradando así el proceso comunicación.

La mejor forma para mitigar estos problemas en un sistema de comunicación bidireccional de acceso múltiple que se definen en ciertos estándares de comunicaciones, es transmitir a una potencia variable, según se requiera durante el proceso comunicación. Durante este proceso, los niveles de potencia aumentarán o disminuirán en el transmisor según sea el caso, siendo esta variación dependiente de las condiciones de propagación del entorno en la que se esté dando la comunicación.

La transmisión de potencia controlada reduce en gran parte la demanda energía en los equipos involucrados en la comunicación bidireccional y los niveles de interferencia implícitos al transmitir a potencias elevadas.

3.2 GENERALIDADES DEL CONTROL DE POTENCIA EN REDES IS-95 CDMA

En el sistema IS-95 CDMA, el control de potencia juega un rol muy importante en el rendimiento de la red, ya que proporciona una forma de minimizar los problemas de interferencia e incrementar significativamente la capacidad del sistema de manera general. Junto a los parámetros de las antenas usadas y otros factores adicionales, permite definir la cobertura que tendrá cada celda y consecuentemente el sistema. Además ayuda a combatir los efectos de pérdidas de propagación y desvanecimiento, causados por el entorno físico y la velocidad a la que se mueve la estación móvil.

Desde el punto de vista del usuario, el control de potencia permite cumplir con los objetivos de rendimiento definidos por el mismo tales como, tasa de error de bit (BER), tasa de tramas erróneas (FER), capacidad, tasa de llamadas interrumpidas, cobertura y adicionalmente mejora significativamente la calidad en la transmisión de voz y datos.

Por otro lado, su uso minimiza los efectos del problema de cercano-a-lejano (Near-Far Interference), el cual se describe a continuación: las estaciones

móviles que se encuentran más cerca de una estación base necesitan transmitir a menor potencia que aquellas estaciones móviles que se encuentran más lejos, lo cual si no ocurre, provocaría que las señales de los móviles más cercanos interfieran con las débiles señales que llegan a la estación base de los móviles que se encuentran a mayor distancia, causando probablemente que estas no sean detectadas por la estación base (Figura 3.1).

Este tipo de problema aparece en primera instancia debido a que en la práctica los códigos de ensanchamiento no son ortogonales, por lo que la detección de usuarios simultáneos establece cierto nivel de interferencia, razón por la cual es posible observar que el espectro de una señal CDMA contiene cierto nivel de interferencia , esto pese a que cada usuario tiene un código de ensanchamiento distinto y en teoría, cada código deba permitir identificar la información exclusivamente de cada usuario el código que le fue asignado.

Este tipo de interferencia es conocido como Interferencia por Acceso Múltiple (Figura 3.2).

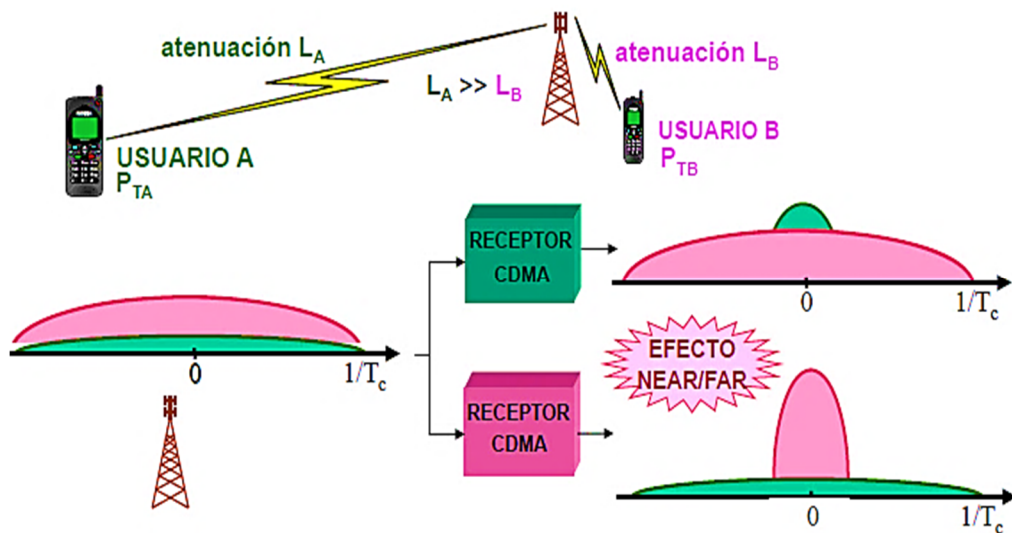


Figura 3.1 Efecto del problema Cercano-a-Lejano (Near-Far Interference).

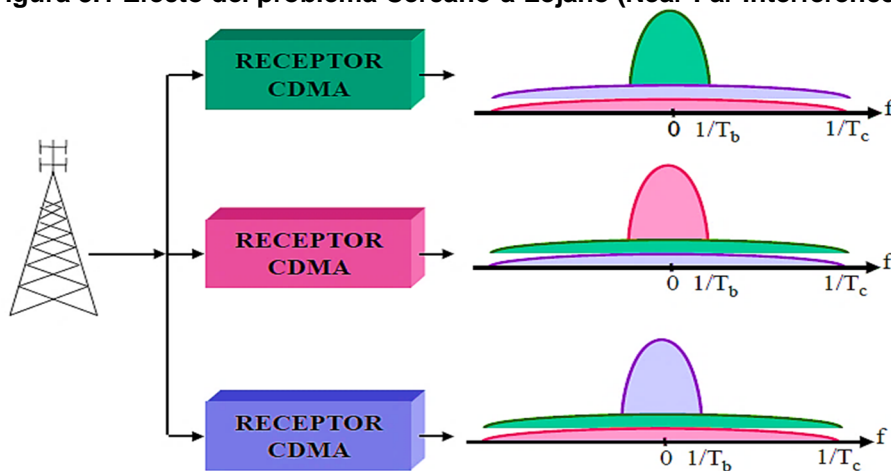


Figura 3.2 Interferencia por Acceso Múltiple.

En cuanto al ahorro de energía, gracias a la eficiencia del control de potencia en redes IS-95 CDMA, las baterías de los móviles que soportan CDMA consumen menos potencia, garantizando que las estaciones móviles tengan mayor tiempo en el aire.

El control de potencia debe cumplir con las siguientes características: dinámico, es decir, que permita variar la potencia durante el transcurso de una transmisión entre el móvil y la estación base. Debe actualizarse periódicamente, para tener conocimiento preciso de los niveles de potencia transmitidos y recibidos por el móvil y la estación base y por último, debe ser capaz de multiplexar la información de control en los mismos enlaces y canales usados por CDMA para la comunicación en general entre la estación móvil y la estación base evitando de esta forma, el uso innecesario de más canales y ancho de banda del sistema.

En consecuencia de lo descrito, el control de potencia en redes CDMA se implementa en los enlaces y canales utilizados por este tipo de redes para el intercambio de información (ya sea voz o datos) como una herramienta en esencia para mitigar el efecto Near-Far y ayudar a mejorar el ahorro de energía de las baterías de los móviles que implementan CDMA.

3.3 CONTROL DE POTENCIA EN EL ENLACE DE REVERSO

El control de potencia en el enlace de reverso o enlace de retorno, afecta a los canales de acceso y de tráfico dentro del mismo. Este enlace es usado para transferir información desde el móvil hacia la estación base, volviéndose crítico el uso de control de potencia en él, debido a que este enlace permite al móvil

acceder a los servicios en general de la red, registrarse en una estación base cuando el móvil es encendido y encontrar nuevas estaciones bases cuando se realiza cambio de celda (Handoff) cuando el móvil se encuentra en movimiento.

Dentro del control de potencia para el enlace de reverso (también conocido como enlace ascendente o uplink), se definen dos tipos de control: de lazo abierto y de lazo cerrado.

En los siguientes temas abordaremos los procesos que realizan estos métodos de control de potencia dentro del enlace de reverso y de él porque el control global de la potencia que abarque las variaciones debidas al desvanecimiento selectivo debe hacerse en lazo cerrado, para lograr la máxima eficiencia del control de potencia en este enlace.

3.3.1 CONTROL DE POTENCIA DE LAZO ABIERTO EN EL ENLACE DE REVERSO

La señal recibida por la estación móvil procedente de la estación base, sufre pérdidas por propagación y desvanecimiento debido a la distancia entre ellos y a las condiciones del entorno, motivo por el cual estas pérdidas son compensadas ajustando el nivel de potencia que se transmite, basándose únicamente en la magnitud de la potencia de la señal recibida para tomar decisiones de compensación, las mismas que solo son

determinadas por la estación móvil. Si la potencia de la señal de la estación base recibida en el móvil disminuye, la potencia de transmisión del móvil debe aumentarse y por el contrario, si la señal de la estación base recibida por el móvil se incrementa, el móvil debe disminuir su potencia de transmisión.

Una falla inherente del control de potencia de lazo abierto es que estima que las condiciones de propagación del enlace de reverso son las mismas condiciones del enlace directo, asunción que conlleva ciertos errores debido a que ambos enlaces operan en diferentes frecuencias y por consecuencia, las pérdidas por propagación y desvanecimiento son diferentes para cada caso.

Funcionamiento

Inicialmente para intentar enlazarse a una celda, la estación móvil censa el nivel de potencia total recibido en la banda de 1,2288 MHz (banda en la que operan los canales de piloto, sincronización, búsqueda y tráfico dentro del rango de 869 a 894 MHz), incluyéndose en esta medición todos los canales de los enlaces de reverso provenientes de otras celdas con su respectivo nivel de potencia.

Para obtener la información necesaria para transmitir, el móvil procesa todos los canales recibidos de piloto, sincronización y búsqueda para elegir uno de los varios canales de acceso disponibles e iniciar el intento de conexión con una estación base.

Los parámetros necesarios para que el móvil pueda dar inicio a la transmisión de sondeos de acceso e intentar conectarse a una estación base, los provee el canal de búsqueda (Paging), de los cuales algunos de ellos se enlistan a continuación:

- Número de canal de acceso.
- Desplazamiento de la potencia nominal (NOM_PWR).
- Tamaño del paso del desplazamiento de la potencia inicial (INIT_PWR).
- Tamaño del paso de la potencia incremental (PWR_STEP).
- Número de sondeos de acceso por secuencias de sondeos de acceso.
- Ventana de tiempo-límite entre sondeos de acceso.
- El tiempo de aleatorización entre secuencias de sondeo de acceso (Back-off delay).

En este momento el móvil se encuentra en estado de acceso, es decir, aún no tiene asignado ningún canal de tráfico en el enlace directo, canal por el cual se envía al móvil el bit necesario para el control de potencia desde la estación base.

Ya que el objetivo principal en redes CDMA es transmitir a la menor potencia posible, el móvil inicia la transmisión por su propia cuenta, ajustando un bajo nivel de potencia a transmitir con el fin de cumplir con los requerimientos de rendimiento establecidos por el usuario.

En este proceso, el factor clave es transmitir una potencia inversa a la que se recibe. Es decir, a mayor potencia recibida, menor es será la potencia transmitida y viceversa.

De esta manera, cuando el móvil recibe una fuerte señal piloto de una estación base, éste transmite una débil señal hacia ella, y por el contrario, cuando se recibe una débil señal piloto, se transmite una fuerte señal hacia la estación base, esto con el fin de compensar pérdidas por propagación y desvanecimiento.

Luego de que el móvil procesó los canales de piloto, sincronización, paginación y extrajo de este último los parámetros necesarios para transmitir hacia la estación base que eligió, procederá a enviar su primer

sondeo de acceso con un nivel de potencia definido por la siguiente ecuación:

$$T_X = -R_X + K + (NOM_PWR - 16 \times NOM_PWR_EXT) + INIT_PWR +$$

Interference correction (Ecuación 2)

En donde:

T_X = Potencia media de salida (dBm)

R_X = Potencia media de recepción en la antena del móvil (dBm)

NOM_PWR = Potencia nominal (dB)

NOM_PWR_EXT = Potencia nominal de traspaso extendido (dB)

$INIT_PWR$ = Ajuste de inicial de potencia (dB)

$K = -73$ factor de regreso para bandas celulares (Banda clase 0) y

$K = -76$ factor de regreso para bandas PCS (Banda clase 1)

$Interference\ correction = \min(\max(-7 - ECIO, 0), 7)$

Donde ECIO es el E_c/I_o (dB) del conjunto de piloto activo, medido dentro de los 500 ms previos antes de la transmisión.

Para móviles CDMA, el factor de regreso K es una estimación de la diferencia de niveles de potencia recibida entre el móvil y la estación base por tener diferentes niveles de potencia de transmisión y su valor depende de la banda a la que opera CDMA.

La división del espectro para la banda celular o Banda Clase 0 comprendida entre los 824 MHz hasta los 894 MHz se muestra en la Tabla 3.1.

La división del espectro para la banda Servicios de Comunicaciones Personales (PCS) o Banda Clase 1 comprendida entre los 1850 MHz y los 1990 MHz se muestra en la Tabla 3.2.

La estación móvil usa los parámetros *NOM_PWR*, *NOM_PWR_EXT*, *INIT_PWR* y *PWR_STEP* (especificados en los mensajes de Parámetros de Acceso) principalmente para ajustar un valor adecuado de T_x para la transmisión hacia la estación base.

Bloque	Ancho de Banda del Bloque (MHz)	Número de Canal CDMA	Banda de frecuencia transmitida (MHz)	
			Estación Móvil	Estación Base
<i>A''</i>	1	991-1012 1013-1023	824,040-824,670 824,700-825,000	869,040-869,670 869,700-870,000
<i>A</i>	10	1-331 312-333	825,030-834,330 834,360-834,990	870,030-879,330 879,360-879,990
<i>B</i>	10	334-355 356-644 645-666	835,020-835,650 835,680-844,320 844,350-844,980	880,020-880,650 880,680-889,320 889,350-889,980
<i>A'</i>	1,5	667-688 689-694 695-716 717-738	845,010-845,640 845,670-845,820 845,850-846,480 846,510-847,140	890,010-890,640 890,670-890,820 890,850-891,480 891,510-892,140

<i>B'</i>	2,5	739-777 778-799	847,170-848,310 848,340-848,970	892,170-893,310 893,340-893,970
-----------	-----	--------------------	------------------------------------	------------------------------------

Tabla 3.1. División de frecuencias de la Banda celular o Clase 0.

En general, el valor de $NOM_PWR - 16 \times NOM_PWR_EXT$ actúa como un término de corrección en el caso de que $INIT_PWR$ sea 0 dB (1 Vatio), el cuál debería proveer la potencia recibida correcta en la estación base y adicionalmente permite que el control de potencia de lazo abierto opere en diferentes entornos, como por ejemplo en Banda Clase 0 o Banda Clase 1.

Bloque	Ancho de Banda del Bloque (MHz)	Número de Canal CDMA	Banda de frecuencia transmitida (MHz)	
			Estación Móvil	Estación Base
<i>A</i>	15	0-24	1850,000-1851,200	1930,000-1931,200
		25-275	1851,250-1863,750	1931,250-1943,750
		276-299	1863,800-1864,950	1943,800-1944,950
<i>D</i>	5	330-324	1865,000-1866,200	1945,000-1946,200
		325-375	1866,250-1868,750	1946,250-1948,750
		376-399	1868,800-1869,950	1948,800-1949,950
<i>B</i>	15	400-424	1870,000-1871,200	1950,000-1951,200
		425-675	1871,250-1883,750	1951,250-1963,750
		676-699	1883,800-1884,950	1963,800-1964,950
<i>E</i>	5	700-724	1885,000-1886,200	1965,000-1966,200
		725-775	1886,250-1888,750	1966,250-1968,750
		776-799	1888,800-1889,950	1968,800-1969,950
<i>F</i>	5	800-824	1890,000-1891,200	1970,000-1971,200
		825-875	1891,250-1893,750	1971,250-1973,750
		876-899	1893,800-1894,950	1973,800-1974,950
<i>C</i>	15	900-924	1895,000-1896,200	1975,000-1976,200
		925-1175	1896,250-1908,750	1976,250-1988,750
		1176-1199	1908,800-1909,950	1988,800-1989,950

Tabla 3.2. División de frecuencias de la Banda PCS o Clase 1.

Cuando se opera en Banda Clase 0 (banda celular - 824 MHz a 894 MHz), el valor de NOM_PWR_EXT es puesto en 0, haciendo que el rango total de corrección que ofrece $NOM_PWR - 16 \times NOM_PWR_EXT$ sea -8 a 7 dB.

El rango de $INIT_PWR$ está entre los -16 a 15 dB con un valor nominal de 0 dB, mientras que el rango para PWR_STEP está entre 0 a 7 dB.

Por lo tanto, en Banda Clase 0 (banda celular), la ecuación quedaría descrita como:

$$T_x = -R_x - K + NOM_PWR + INIT_PWR \quad (\text{Ecuación 3})$$

Después de que el móvil ha enviado el primer sondeo de acceso descrito por la ecuación 2.3, espera un tiempo (valor recibido en el mensaje de parámetros de acceso) denominado Acknowledgment Window (TA) o ventana de reconocimiento (en ms), tiempo en el cual el móvil espera que la estación base responda con un acuse de recibo para el mensaje enviado por medio del canal de búsqueda (Paging).

El valor de TA va desde los 160 a los 1360 ms en múltiplos de 80 y es calculado con la siguiente ecuación:

$$T_a = 80 \times (2 + AccTMO) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde el parámetro *AccTMO* es un valor en milisegundos, enviado desde la estación base hacia el móvil, para que el cálculo del valor de *TA* se haga localmente y cuyo rango está entre 0 y 15 ms, en incrementos de 1 ms.

Si el valor de *TA* expiró y no se recibió ningún mensaje de reconocimiento en el canal de Paging (enlace directo), el móvil genera un valor de tiempo Pseudo-aleatorio *RT* antes de transmitir el segundo sondeo de acceso, esto con el fin de minimizar las colisiones con móviles que estén intentando enlazarse usando el mismo canal de acceso.

La temporización *RT* entre cada sondeo de acceso de una misma secuencia de sondeos acceso es generada Pseudo-aleatoriamente basándose en los parámetros *PROBE_BKOFF* y *PROBE_PN_RAN* recibidos en el mensaje de parámetros de acceso. Por lo tanto, el Back-off entre cada sondeo de acceso estará dado por *TA + RT*.

En cada sondeo de acceso de una misma secuencia de sondeos de acceso, el móvil transmite el mismo mensaje, el cual contiene un preámbulo de acceso y una capsula de mensaje: El preámbulo de acceso es una secuencia de 0s (símbolo de modulación 0) que ayudan en la

sincronización de cada sondeo de acceso con el receptor de la estación base, enviándose de entre 1 a 16 tramas por cada sondeo de acceso a una tasa de 4800 bps. La cantidad de tramas enviadas en el preámbulo de acceso son definidas por el parámetro *PAM_SZ* en el mensaje de parámetros de acceso. La capsula del mensaje o también llamada mensaje del canal de acceso, es el cuerpo del mensaje en cada sondeo de acceso, donde se envía entre otros la longitud del mensaje y el CRC (Cyclic Redundancy Code), transmitiéndose de 3 a 16 tramas por cada sondeo de acceso, cantidad proporcionada por el parámetro *MAX_CAP_SZ* en el mensaje de parámetros de acceso (Figura 3.3).

Los sondeos de acceso son agrupados en secuencias de sondeos de acceso. Cada sub-intento de acceso agrupa hasta un máximo de 15 secuencias de sondeos de acceso (Figura 3.3).

La cantidad de secuencias de sondeos de acceso que la estación móvil transmitirá es proporcionada por la estación base en el canal de Paging mediante el parámetro *MAX_REQ_SEQ* en el mensaje de parámetros de acceso.

El intervalo entre cada secuencia de sondeos de acceso se genera Pseudo-aleatoriamente dentro de cada secuencia de sondeos de acceso,

el móvil puede transmitir hasta un máximo de 16 sondeos de acceso, cantidad determinada por el valor $1 + NUM_STEP$ (Figura 3.6).

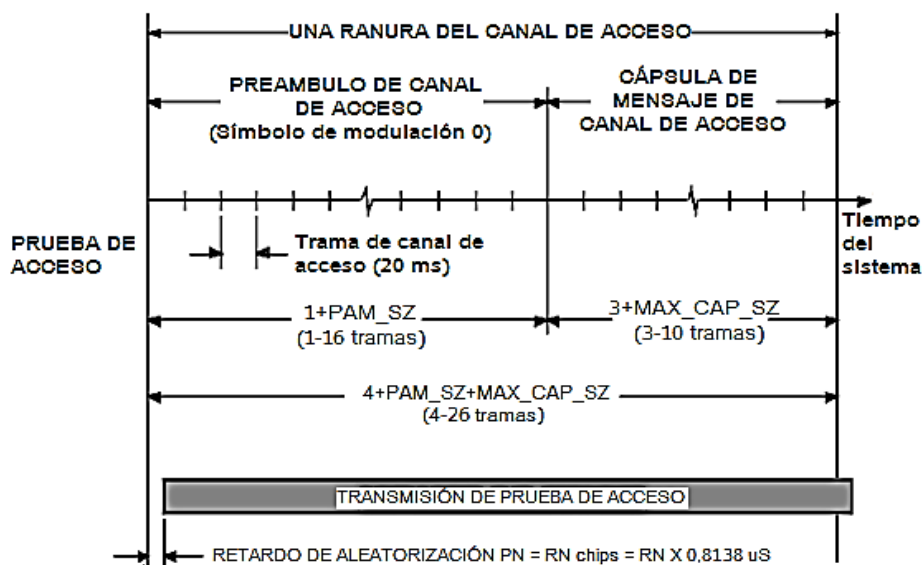


Figura 3.4. Estructura del mensaje enviado en cada Sondeo de Acceso.

De igual manera, el valor de Back-off delay entre secuencias de sondeos de acceso es generado pseudo-aleatoriamente basándose en el parámetro *BKOFF* (recibido en el mensaje de parámetros de acceso) que proporciona la información de la cantidad máxima de slots dentro de los cuales se generará valor de Back-off delay definido por $RS + PD$, donde *RS* y *PD* son retardos calculados localmente por la estación móvil (Figura 3.4).

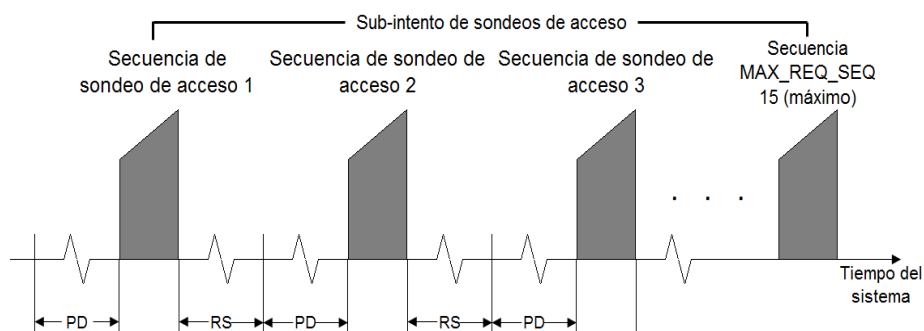


Figura 3.4. Back-off Delay entre Secuencias de Sondeos de Acceso.

El proceso entero de enviar un mensaje y recibir un acuse de recibo para dicho mensaje se denomina *Intento de acceso*.

Cada intento de acceso consta de varios sub-intentos de acceso que el móvil transmite a una estación base correspondiente de la cual ha recibido su señal piloto (Figura 3.5).

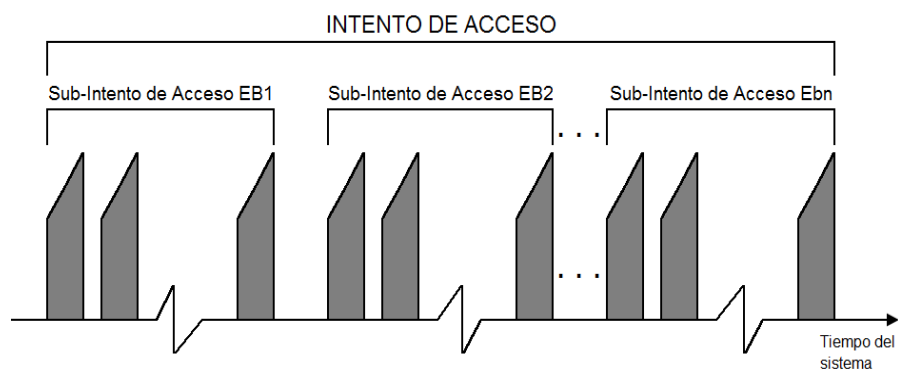


Figura 3.5 Representación de Sub-intentos de Acceso para cada EB detectada dentro de un Intento de Acceso.

Para transmitir un segundo sondeo de acceso, el móvil incrementa la potencia de transmisión en un valor PI definido principalmente por el parámetro PWR_STEP (parámetro recibido en el canal de paging), cambios en la potencia promedio de entrada y cambios registrados en la corrección de interferencia (Figura 3.6).

El valor incremental de PWR_STEP es de 1 dB por cada sondeo de acceso transmitida a partir del valor que fue establecido inicialmente por la estación base.

Este incremento sucesivo de la potencia se hace debido a que en el estado de acceso, el móvil aún no conoce las condiciones de propagación y desvanecimiento en la que se encuentra en enlace directo (estas se conocen en el control de potencia de lazo cerrado) por lo tanto, en un intento de compensar pérdidas de propagación o desvanecimiento que pueden hacer que el nivel de potencia que se transmitió en el primer sondeo de acceso no sea suficiente para obtener la atención de la estación base, el móvil eleva la potencia de transmisión con cada sondeo de acceso transmitido.

A este aumento progresivo de potencia con cada sondeo de acceso dentro de una secuencia de acceso se la conoce como *Escalera de sondeos de acceso* (Figura 3.6).

La ecuación que define el nivel de potencia que el móvil transmitirá hacia la estación base a partir de la segunda sondeo de acceso estará definida por:

$$T_x = -R_x - K + (NOM_PWR - 16 \times NOM_PWR_EXT) \\ + \sum \text{todas las correcciones de sondeos de acceso} \\ + \text{corrección de interferencia del sondeo de acceso anterior}$$

(Ecuación 5)

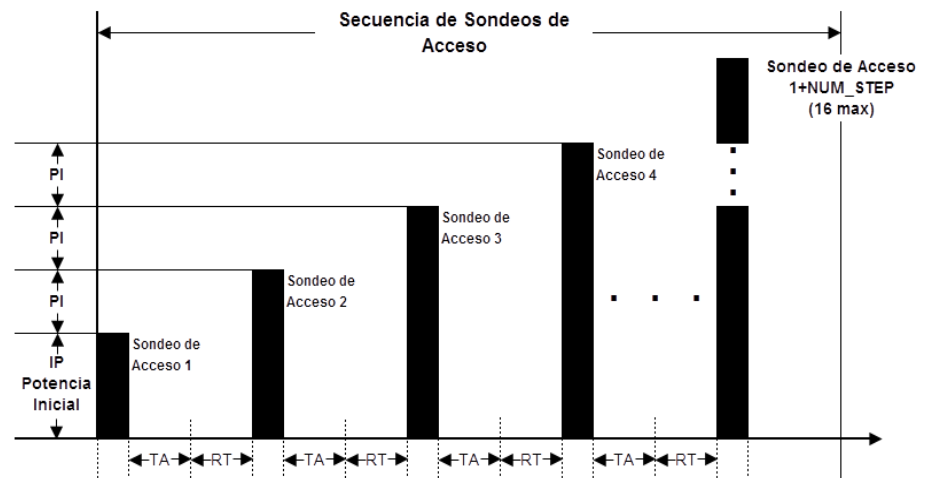


Figura 3.6. Escalera de Sondeos de Acceso.

Donde la \sum todas las correcciones de sondeos de acceso es esencia el valor de Potencia Incremental (PI) que se calcula para la transmisión de cada sondeo de acceso.

$$PI = PWR_STEP + \Delta \text{ potencia promedio de entrada o de recepción} + \Delta \text{ corrección de interferencia} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde el operador Δ indica una variación.

Para definir la potencia de transmisión de cada sondeo de acceso, el valor de potencia R_x es censado constantemente en la antena de la estación móvil. Este procedimiento conlleva cierto error en el cálculo de la potencia para cada sondeo de acceso debido a que se usa el valor de R_x recibido de la estación base elegida para un Sub-intento de acceso más la potencia de los pilotos de todas las estaciones bases que no participan en el proceso.

Adicionalmente, se pueden generar errores debido a que el móvil en el control de potencia de lazo abierto asume reciprocidad entre el enlace de reverso y el directo y por tanto, debido a su construcción, este método tiene un tiempo lento de respuesta frente a desvanecimientos rápidos (desvanecimiento Rayleigh).

3.3.2 CONTROL DE POTENCIA DE LAZO CERRADO EN EL ENLACE DE REVERSO

El mecanismo de control de potencia de lazo cerrado del enlace de reverso permite tomar en cuenta las pérdidas no correlacionadas (asimétricas) entre el enlace directo y de reverso, debido principalmente al desvanecimiento rápido Rayleigh y por las diferencias en las ganancias de las antenas transmisora y receptora y sus pérdidas asociadas.

El control de potencia de lazo cerrado tiene un tiempo de respuesta mucho más rápido (1,25 ms por cada 1dB) que el control de potencia de lazo abierto (cerca de 30 ms) y un rango dinámico más amplio (48 dB) que el rango soportado por el control de potencia de lazo abierto (32 dB).

En conjunto, estos mecanismos ofrecen un rango dinámico cercano a los 80 dB, siendo el control de potencia de lazo cerrado el que brinda las correcciones necesarias al control de potencia de lazo abierto.

Una vez que se ha asignado un canal de tráfico al móvil en el enlace de ida y se ha recibido el primer bit de control de potencia, la potencia con la que el móvil transmitirá hacia la estación base estará definida por:

$$\begin{aligned}
 T_x = & -R_x - K + (NOM_PWR - 16 \times NOM_PWR_EXT) \\
 & + \sum \text{todas las correcciones de sondeos de acceso (dB)} \\
 & + \sum \text{todas las correcciones de control de potencia lazo cerrado (dB)} \\
 & + \text{corrección de interferencia del sondeo de acceso anterior}
 \end{aligned}$$

(Ecuación 7)

El control de potencia de lazo cerrado del enlace de reverso consta de dos tipos de control de potencia: control de potencia interno y control de potencia externo.

EL control de potencia interno mantiene al móvil tan cerca como sea posible del valor objetivo de (E_b/I_t) , mientras que el control de potencia de lazo externo ajusta el valor objetivo de (E_b/I_t) en la estación base para un móvil dado, basándose en la información del mensaje (Figura 3.7).

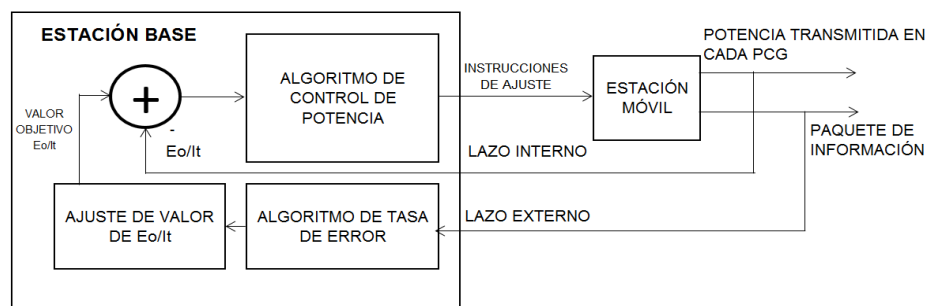


Figura 3.7 Representación de la operación del Control de Potencia Interno y Externo en el Enlace de Reverso.

En general, los parámetros E_b/I_t y FER son indicadores de la calidad de un enlace. En el control de potencia de lazo cerrado se usa el parámetro E_b/I_t para definir la calidad del canal del enlace de reversa, ya que toma más tiempo calcular FER que calcular el valor de E_b/I_t .

El funcionamiento básico del control de potencia de lazo cerrado en el enlace de reversa se describe a continuación:

1. El valor de E_b/I_t es monitoreado constantemente por la estación base en el enlace de reverso, esto con el fin de mejorar la rapidez de respuesta a un cambio en la transmisión (nivel de potencia) de un móvil dado.
2. Si el valor de E_b/I_t supera cierto umbral (valor objetivo), la estación base ordena mediante los bits de control de potencia (PCBs) insertados en el canal tráfico del enlace directo, que la estación móvil disminuya su potencia transmitida.
3. Si el valor de E_b/I_t decrece por debajo de cierto umbral (valor objetivo), la estación base ordena mediante los bits de control de potencia (PCBs) insertados en el canal tráfico del enlace directo, que la estación móvil aumente su potencia transmitida.

La transmisión de cada bit de control de potencia (PCB) se la hace cada 1,25 ms es decir, que los bits se envían a una tasa de 800 bps (bits por segundo) logrando así que la rapidez de la respuesta sea cada 1,25 ms, lo cual es esencial para combatir el desvanecimiento rápido Rayleigh.

A estos intervalos de duración de 1,25 ms se los denomina Grupos de Control de Potencia (PCGs). Estos son agrupados en una trama de 20 ms, donde 16 PCGs conforman una trama (Figura 8.3).

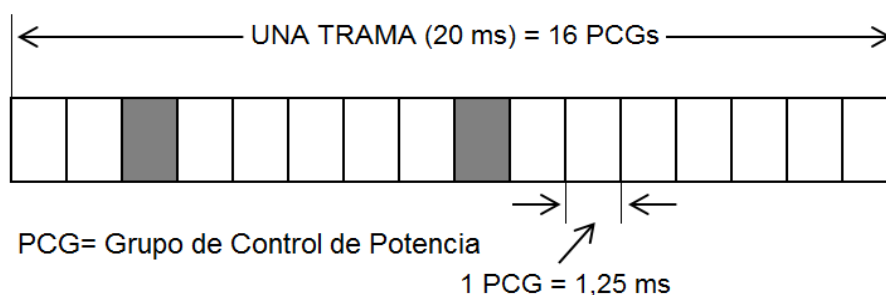


Figura 3.8. Grupo de Control de Potencia (PCG) dentro de una trama.

Los PCGs son transmitidos tanto en el canal de tráfico directo como en el canal de tráfico de reverso, pero su tratamiento es diferente.

En el canal de tráfico del enlace de reverso (transmisión hecha por el móvil), los PCGs son insertados aleatoriamente por una función denominada Data Burst Randomizer (DBR), encargada de formar de manera pseudo-aleatoria las posiciones para un PCG dentro de una trama.

La cantidad de PCGs insertados en una trama depende del conjunto de tasa que se esté usando.

En la Tabla 3.3 se indica la cantidad de PCGs insertados en una trama para un conjunto de tasas denominado RS1.

Tasa de trama	Tasa (Kbps)	No. De PCGs enviados
Full	9,6	16
½	4,8	8
¼	2,4	4
1/8	1,2	2

Tabla 3.3 Grupos de Control de Potencia vs. Tasa de trama

Por otro lado, la inserción de los PCBs en el canal de tráfico del enlace directo (transmisión hecha por la estación base) se lo realiza mediante el uso de un multiplexor, que permite adicionar un sub-canal para la inserción de los bits de control de potencia.

Al pasar por el Codificador Convolutivo con $R=1/2$ (ver Figura 4-10), la banda base del Vocoder se duplica a 19,2 Ksps (símbolos por segundo). Por lo tanto, un total de 24 bits son enviados por cada PCGs ($(19,2 \times 10^3 \text{ bps})(1,25 \times 10^{-3} \text{ s})$) al momento de multiplexar los PCBs junto con la voz en el MUX.

La posición de un PCB dentro de un PCG es determinada pseudo-aleatoriamente por los primeros 4 dígitos más significativos del Bloque Decimador, lo que asegura que el PCB siempre este entre las primeras 16 posiciones de bit dentro de un PCG de forma Pseudo-aleatoria (Figura 3.10 y 3.11).

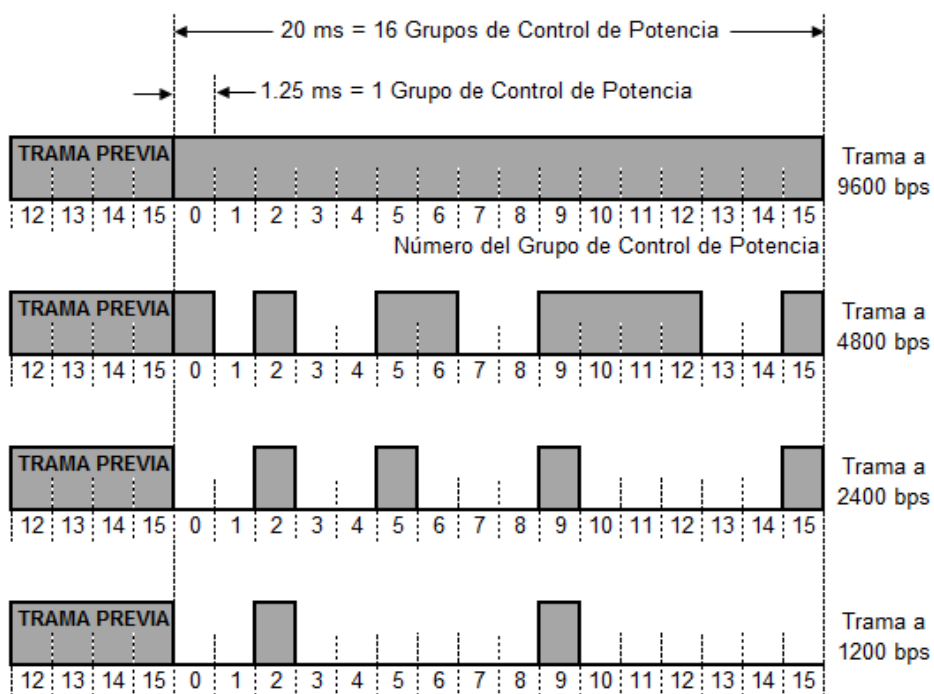


Figura 3.9. Ejemplo de inserción de los PCBs por el Data Burst Randomizer para RS1.

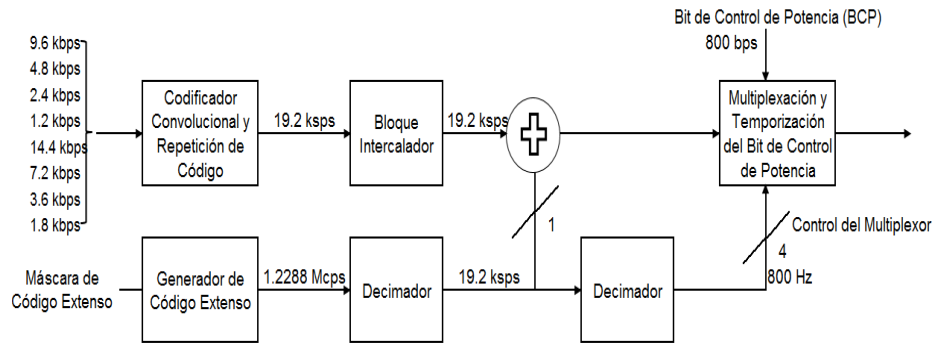


Figura 3.10. Multiplexación de los Bits de Control de Potencia (BCPs) junto con la voz en el Canal de Tráfico Directo.

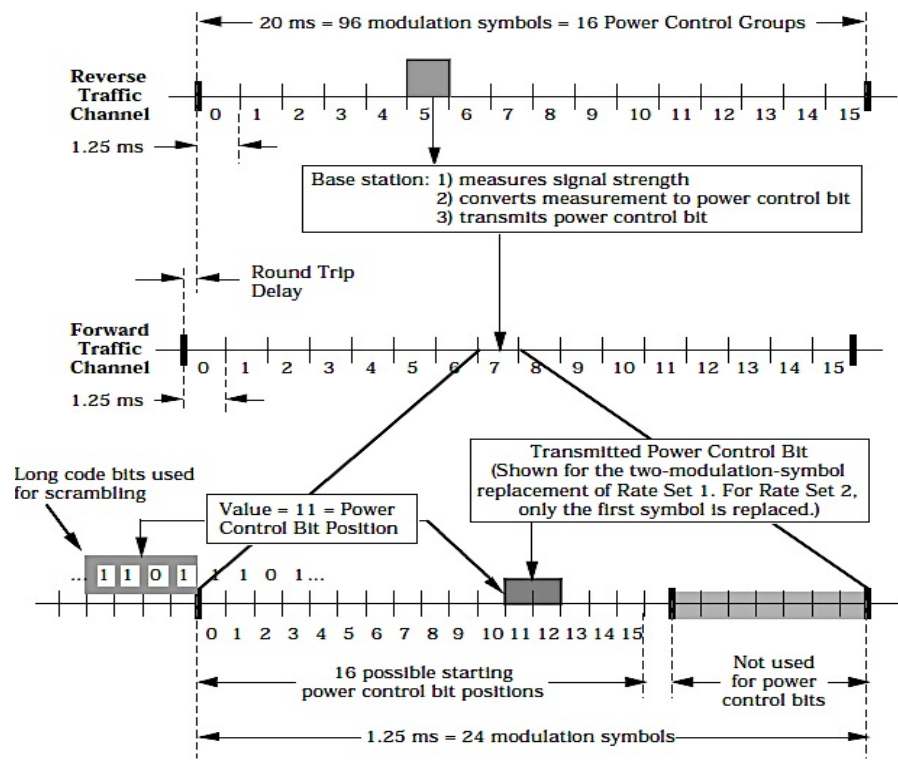


Figura 3.11. Aleatorización de la posición de los Bits de Control de Potencia en el Enlace Directo para RS1.

Cuando se recibe una trama de 16 PCGs en el canal de tráfico de reversa, la estación base calcula el E_b/I_t promedio de cada PCG y lo compara con el valor objetivo E_b/I_t instantáneo estimado en la recepción de cada trama de 16 PCGs, esto con el fin de decidir que bit enviar en BCP. Si el E_b/I_t de un PCG supera el valor de E_b/I_t objetivo, la estación base envía un 1 en el PCB dentro del segundo PCG siguiente correspondiente en el enlace directo para aumentar la potencia de transmisión del móvil.

Por otro lado, si el E_b/I_t de un PCG decae por el valor de E_b/I_t objetivo, la estación base envía un 0 en el PCB dentro del segundo PCG siguiente correspondiente en el enlace directo para disminuir la potencia de transmisión del móvil (Figura 3.12).

El Tamaño del Paso de Control de Potencia (valor de incremento o decremento) que el móvil variará según el bit de control de potencia que reciba en el canal directo, lo recibirá por el canal de tráfico del enlace directo mediante el parámetro PWR_CNTL_STEP , cuyos valores se definen en la Tabla 3.4.

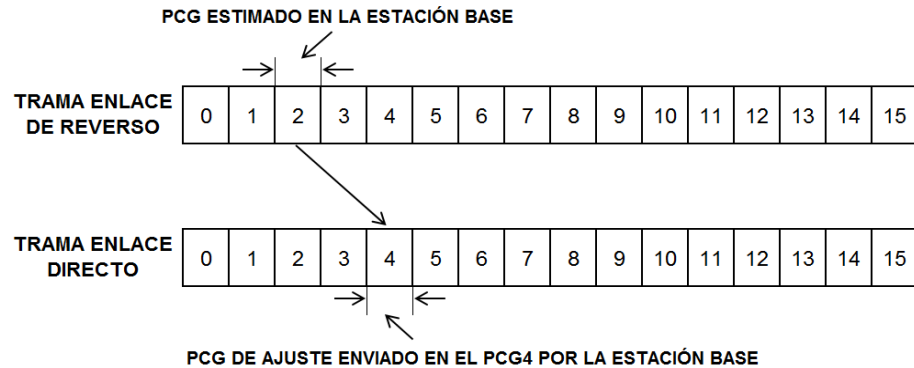


Figura 3.12. Localización de un PCG en el Enlace Directo y de Reversa.

PWR_CNTL_STEP (Binario)	Tamaño del paso de control de potencia (dB nominal)
000	1
001	0,50
010	0,25
Los valores restantes de PWR_CNTL_STEP están reservados.	

Tabla 3.4. Valores del Tamaño del Paso del Control de Potencia de Lazo

Cerrado

El valor objetivo de E_b/I_t es determinado de la siguiente manera:

- El valor de la variable a se pone a un valor muy pequeño.
- Se mide el FER en cada trama de 20 ms o de 16 PCGs.
- El valor de E_b/I_t es reducido en un valor de a cada 20 ms hasta que ocurra un error de trama o hasta que se E_b/I_t alcance un valor mínimo permitido $(E_b/I_t)_{mín}$.
- Si ocurre un error de trama, el valor de E_b/I_t es incrementado en un valor de $100a$.

- El valor de E_b/I_t no puede superar un valor máximo permitido

$$(E_b/I_t)_{\text{máx.}}$$

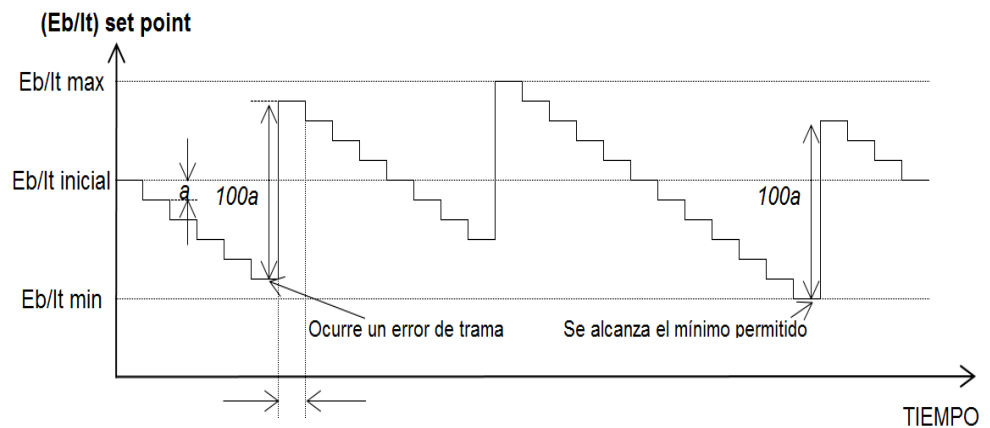


Figura 3.13 Estimación del $(E_b/I_t)_{\text{set point}}$

Luego, el comportamiento de la potencia que transmite el móvil es determinado por el valor objetivo de $(E_b/I_t)_{\text{set point}}$ (Figura 3.14).

3.4 CONTROL DE POTENCIA EN EL ENLACE DIRECTO

La señal recibida por una estación móvil en el canal de tráfico del enlace directo llega con una determinada potencia. El exceso de ésta puede producir interferencia multi-usuario o causar interferencia en las señales piloto de otros sectores de la misma celda o de celdas cercanas.

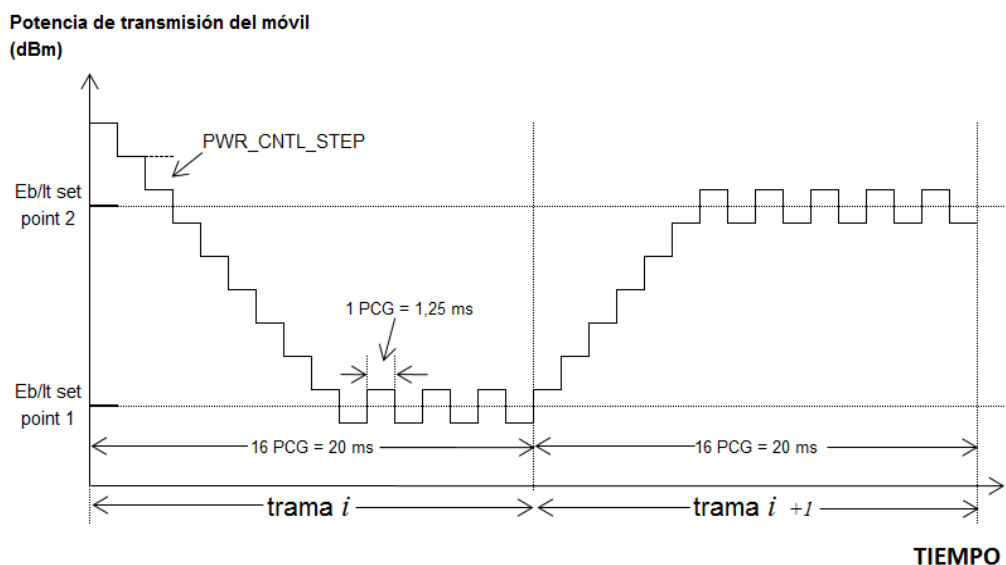


Figura 3.14 Comportamiento de la potencia de transmisión de un móvil según el valor objetivo de E_b/I_t

El control de potencia del enlace directo trata de mantener los niveles de potencia que transmite la estación base lo más bajo posible, tratando siempre de lograr una FER aceptable en el enlace directo.

En control de potencia en el enlace directo puede ser habilitado mediante en canal de paginación por medio del Mensaje de Parámetros del Sistema y por el Mensaje de Parámetros de Control de Potencia del canal de tráfico.

Para RS1, la estación móvil reporta estadísticas de tasas de error de tramas del enlace directo a la estación base. La estación base puede habilitar al móvil para

que envíe reportes de tasas de error de tramas de manera periódica o cuando la FER alcanza un umbral determinado.

La estación móvil envía las estadísticas de la FER en un Mensaje de Reporte de Medición de Potencia en el canal de tráfico del enlace de reverso, el cual no requiere un acuse de recibo.

La estación móvil realizará el siguiente procedimiento para cualquier trama recibida:

- Incrementará el contador TOT_FRAMES_S (contador de la cantidad total de tramas recibidas) en 1.
- Si la trama recibida está dañada (tiene errores), la estación móvil incrementará el contador BAD_FRAMES_S (contador de la cantidad de tramas dañadas recibidas) en 1.
- Si el parámetro $PWR_THRESH_ENABLE = 1$ y el contador $BAD_FRAMES_S = PWR_REP_THRESH$ el móvil enviará un Mensaje de Reporte de Medición de Potencia a la estación base y pondrá los contadores TOT_FRAMES_S y BAD_FRAMES_S a 0.
- Si el parámetro $PWR_PERIOD_ENABLE_S = 1$ y el contador $TOT_FRAMES_S = 2^{(PWR_REP_FRAMES_S/2)} \times 5$, la estación móvil enviará un Mensaje de Reporte

de Medición de Potencia a la estación base y pondrá los contadores TOT_FRAMES_S y BAD_FRAMES_S a 0.

- Si el contador $TOT_FRAMES_S = 2^{(PWR_REP_FRAMES_S/2)} \times 5$, la estación móvil enviará un Mensaje de Reporte de Medición de Potencia a la estación base y pondrá los contadores TOT_FRAMES_S y BAD_FRAMES_S a 0.

De igual forma cuando se inicializa el control de potencia del enlace directo, los contadores TOT_FRAMES_S y BAD_FRAMES_S son puestos a 0.

Después que el móvil envíe un Mensaje de Reporte de Medición de Potencia (PMRM por sus siglas en inglés), esperará un período de $PWR_REP_DELAY_S \times 4$ tramas, donde ningún contador será incrementado.

El campo $PWR_REP_DELAY_S$ es recibido en el Mensaje de Parámetros de Control de Potencia con una longitud de 5 bits.

De igual manera, estos parámetros son recibidos en el Mensaje de Parámetros de Control de Potencia del canal de tráfico.

Parámetro	Propósito
PWR_REP_THRESH (5 bits)	Umbral para el envío de reporte de control de potencia
$PWR_REP_FRAMES_S$ (4 bits)	Límite de tramas para el envío de reporte de control de potencia
PWR_THRESH_ENABLE (1 bit)	Indicador de modo de reporte por umbral
$PWR_PERIOD_ENABLE_S$ (1 bit)	Indicador de modo de reporte periódico

Tabla 3.5. Parámetros usados para el Control de Potencia en el Enlace Directo

Cuando la estación base recibe un Mensaje de Reporte de Medición de Potencia (transmitido en el Canal de Tráfico de Reverso), extrae el valor de los campos *ERRORS_DETECTED* y *PWR_MEAS_FRAMES* y decide si incrementar o disminuir la potencia en el canal de tráfico del enlace directo.

El valor del parámetro *ERRORS_DETECTED* es definido por el valor del contador *BAD_FRAMES_S* del móvil y tiene una longitud de 5 bits.

Cuando el valor del contador *BAD_FRAMES_S* es menor o igual a 31, el valor que el móvil coloca en el campo *ERRORS_DETECTED* es el valor del contador *BAD_FRAMES_S*. Por otro lado, si el valor del contador *BAD_FRAMES_S* excede 31, el móvil pondrá en el campo *ERRORS_DETECTED* el número binario "11111".

El valor del parámetro *PWR_MEAS_FRAMES* es en esencia el valor del contador *TOT_FRAMES_S* del cual el móvil lleva control y posee 10 bits de longitud.

La estación móvil calcula la FER de la siguiente manera:

$$FER = \frac{\text{Valor del parámetro } ERRORS_DETECTED \text{ medido en un conteo de tramas } M}{\text{Valor del parámetro } PWR_MEAS_FRAMES \text{ medido en un conteo de tramas } M}$$

(Ecuación 8)

Donde M dependerá del modo al que fueron puestos los parámetros PWR_THRESH_ENABLE y $PWR_PERIOD_ENABLE_S$.

La estación base compara el valor de FER calculado y decide mediante una comparación con los valores de referencia fer_small y fer_big establecidos en la estación base, incrementar o disminuir la potencia (ver Figura 3.15).

En la Figura 3.15 se observa que la estación base usa 4 parámetros para realizar el Control de Potencia de Enlace Directo, N , D , U y V .

Los valores D , U y V son valores incrementales (dB) que la estación base usa para incrementar o disminuir la potencia en el canal de tráfico directo (Tabla 3.6).

Parámetro	Valor aproximado (dB)
D	0,25
U	1,0
V	2,0

Tabla 3.6. Valores incrementales para los parámetros D, U y V.

El incremento o disminución del nivel de potencia se da como sigue:

- Si $FER < fer_small$ entonces se reduce la potencia en un valor D .
- Si $fer_small < FER < fer_big$ entonces la potencia se incrementa en un valor U .
- Y si $FER > fer_big$ entonces la potencia se incrementa en un valor V .

Nótese que en la Figura 3.15, la Ganancia Digital del Canal de Tráfico no puede exceder el valor de max_gain . Esto es debido a que la potencia que puede transmitir una estación base es limitada. Además el establecimiento de max_gain a un valor determinado, evita que la potencia de la señal que transmite la estación base sea fuente de interferencia en estaciones bases aledañas.

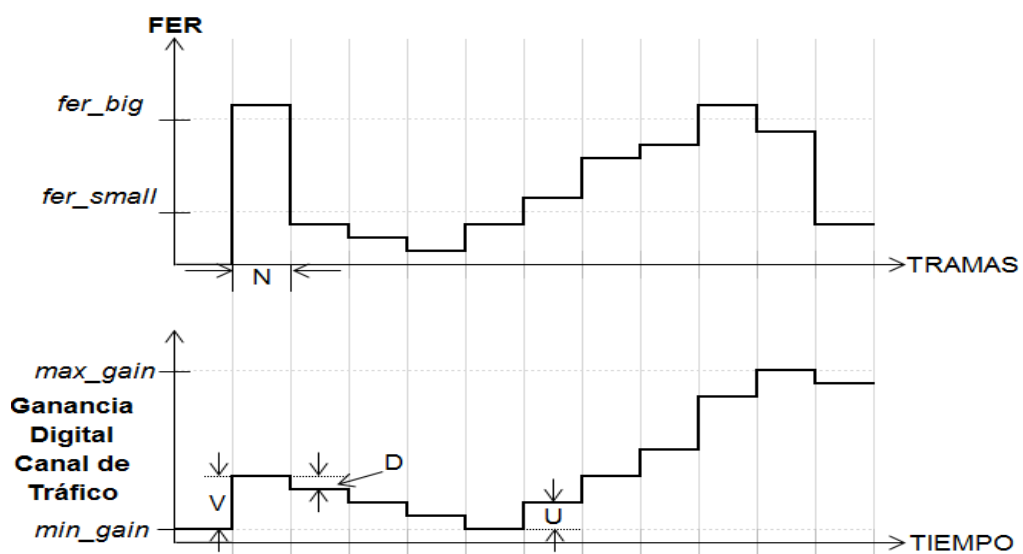


Figura 3.15. Control de Potencia en el Enlace Directo para RS1 para un solo móvil.

El acceso de varias estaciones móviles a una estación base, hace que la misma distribuya la potencia que es capaz de entregar en relación a la cantidad de móviles enlazados en un determinado momento.

Por otro lado, el valor referencial *min_gain* asegura un mínimo de potencia para transmitir en el Canal de Tráfico Directo, con el fin de mantener una calidad de voz adecuada y permitir que los móviles detecten la señal piloto que transmite la estación base para el descubrimiento de la misma.

El parámetro N indica la cantidad total de tramas que fueron medidas antes de que el móvil enviara un PMRM a la estación base. Es decir, que el valor de N es en esencia el valor del campo *PWR_MEAS_FRAMES* recibido en el Canal de Tráfico de Reverso.

El valor promedio de operación de N es aproximadamente 80 tramas. Es decir, que cada 80 tramas se envía un PMRM a la estación base.

Si durante el proceso de Control de Potencia en el Enlace Directo, el parámetro *PWR_PERIOD_ENABLE_s* fue puesto en 1 (envío periódicos de PMRM habilitado) y no se recibiera un PMRM en el intervalo de tiempo correspondiente, la estación base iniciará un temporizador denominado *fpc_step*. La expiración de este temporizador hace que la estación base reduzca el nivel de potencia en un valor de D (~0,25 dB).

Una vez que se redujo en D (dB) el nivel de potencia, el temporizador *fpc_step* se reinicia para iniciar una nueva temporización.

Si nuevamente no se recibe un PMRM, la expiración del temporizador *fpc_step* hace que una vez más se disminuya el nivel de potencia en D (dB), esto con el propósito de no transmitir potencia innecesaria.

Si se recibe un PMRM, el *fpc_step* se reinicia nuevamente.

Si el Control de Potencia en el Enlace Directo no está habilitado, la estación base transmitirá con una potencia nominal determinada por el parámetro *nom_gain* establecido localmente.

Los rangos y valores nominales de operación para los parámetros que intervienen en el Control de Potencia de Enlace Directo para RS1 se muestran en la Tabla 3.7.

Para el Conjunto de Tasas RS2, se usa un Bit Indicador de Borrado (BIB) en lugar de los PMRMs, lo cual hace que el Control de Potencia de Enlace Directo sea más rápido y preciso que en RS1, puesto que en este último se censa N tramas (cantidad de tramas definida por los parámetros *PWR_REP_THRESH* y *PWR_REP_FRAMES_S*) para realizar el Control de Potencia en el Enlace Directo, lo que conlleva menos precisión y más lentitud de respuesta.

Parámetro	Rango	Valor Nominal
FER	0,2 – 3%	1 %
<i>fer_small</i>	0,2 – 5%	2%
<i>fer_big</i>	2 – 10%	6%
<i>min_gain</i>	34 – 50 dB	40 dB
<i>max_gain</i>	50 – 108 dB	80 dB
<i>nom_gain</i>	34 – 108 dB	57 dB
<i>fpc_step</i>	20 – 5000 ms	1600 ms

Tabla 3.7. Valores y rangos típicos de los Parámetros de Control de Potencia en el Enlace Directo para RS1.

El Control de Potencia de Enlace Directo para RS2 se realiza censando la calidad de cada trama (recibida en el canal de tráfico directo) mediante el valor del CRC de la trama. Si una está dañada (CRC calculado \neq CRC recibido), se envía el Bit Indicador de Borrado respectivo en la segunda trama correspondiente en el Enlace de Reverso (del móvil a la estación base).

Conjunto de Tasas – RS2 (Kbps)
14,4
7,2
3,6
1,8

Tabla 3.8. Conjunto de Tasas para RS2

El Bit Indicador de Borrado en puesto en 1 cuando se recibió una trama dañada en la estación móvil y puesto en 0 cuando se recibe una trama buena (sin errores) en la estación móvil.

Los parámetros que definen un incremento o disminución de la potencia de transmisión de la estación base son *up_adj* y *down_adj* respectivamente.

De igual manera, la estación base está controlando continuamente la calidad de cada trama mediante el cálculo del CRC. Si la trama que se recibe no tiene errores (CRC calculado = CRC recibido), la estación base incrementa o disminuye su potencia de transmisión de acuerdo al valor del BIB recibido. Si se recibe una trama dañada en la estación base (CRC calculado \neq CRC recibido), el valor del BIB no puede conocerse con certeza. En este caso, la estación base disminuirá la potencia en un valor *down_adj*.

La posición del Bit Indicador de Borrado dentro de una trama de tráfico de reverso para RS2 se muestra en la Figura 3.16.

La inserción del Bit Indicador de Borrado en el Canal de Tráfico de Reverso se muestra en la Figura 3.17.

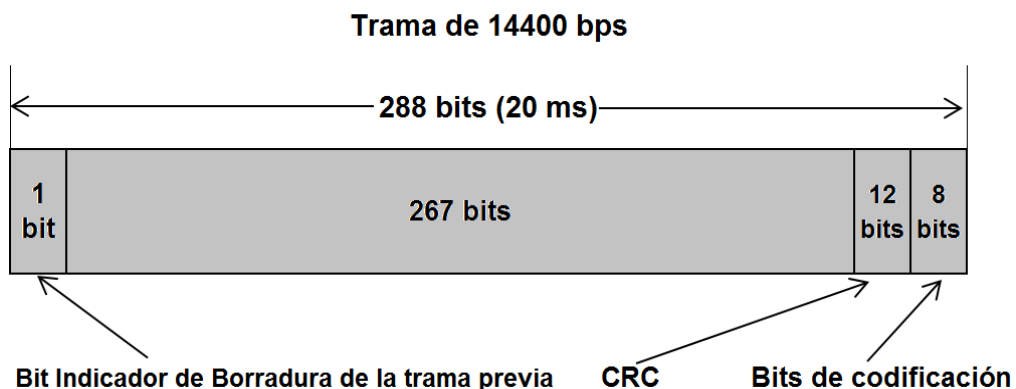


Figura 3.16. Estructura de una trama RS2 de 14,4 Kbps y posición del Bit Indicador de Borrado dentro de la misma en el Canal de Tráfico de Reverso.

En la Tabla 3.9. se enlistan los rangos y valores nominales para los parámetros usados en el Control de Potencia de Enlace Directo para RS2.

Parámetro	Rango	Valor Nominal
FER	0,2 – 6%	1 %
<i>up_adj</i>	1-50 dB	15
<i>down_adj</i>	-	N/A
<i>min_gain</i>	30 – 50 dB	30 dB
<i>max_gain</i>	50 – 127 dB	127 dB
<i>nom_gain</i>	40 – 108 dB	80 dB

Tabla 3.9. Valores y rangos típicos de los Parámetros de Control de Potencia en el Enlace Directo para RS2

En la Figura 3.18. se observa el desarrollo del Control de Potencia en el Enlace Directo para RS2 y de cómo se continúa aplicando los rangos límites tanto de potencia máxima, mínima y nominal soportada por una estación base.

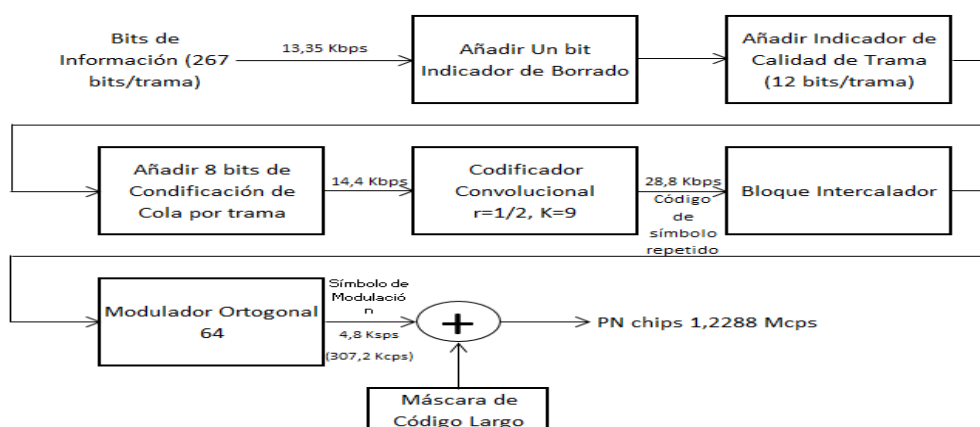


Figura 3.17. Inserción del Bit Indicador de Borrado en el Canal de Tráfico de Reverso.

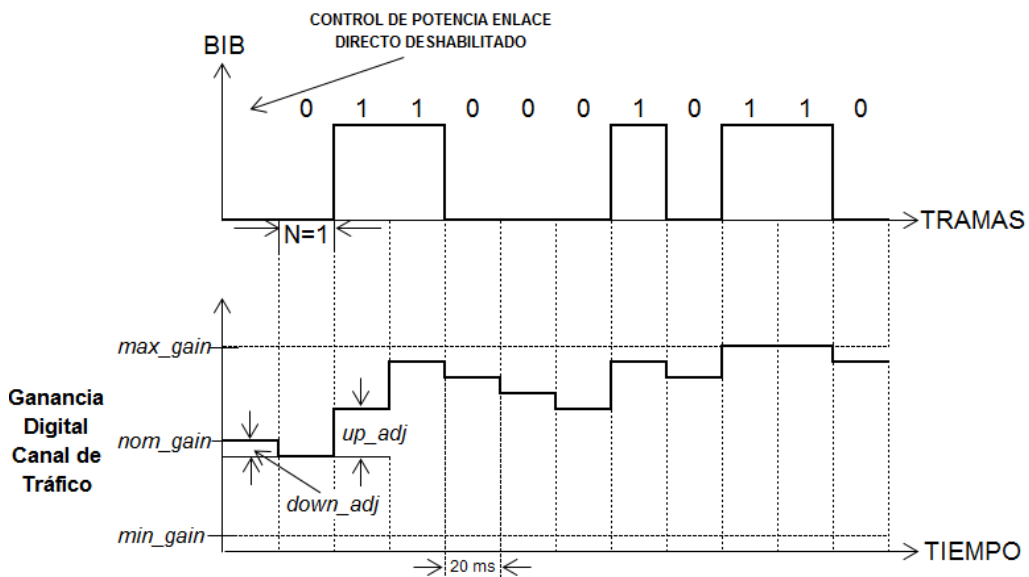


Figura 3.18. Control de Potencia en el Enlace Directo para RS2.

CAPITULO 4

4. ETAPAS DE DISEÑO DEL VIDEO

4.1 PRESENTACIÓN DEL VIDEO

Este video se hace pensando en la necesidad de explicar el proceso que se lleva a cabo en móviles y estaciones bases que implementan el estándar IS-95 CDMA, para lo cual se ha diseñado un entorno en 3D y un sin número de animaciones, para apreciar claramente los procedimientos que son usados por IS-95 CDMA para el desarrollo del Control de Potencia.

4.2 LIMITACIONES

La principal limitación para la realización del video, fue que los autores del presente trabajo no tenían conocimientos sólidos sobre creación y producción de

videos. Por tal motivo, se pidió la colaboración de un estudiante de los últimos niveles de la Carrera de Diseño Gráfico de EDCOM, para brindarnos asesoría en el manejo del software usado para la creación del video y demás aspectos técnicos que fueron necesarios usar en la producción del video.

4.3 MOTIVACIÓN

Nuestra principal motivación para la creación de un video sobre el funcionamiento del Control de Potencia en IS-95 CDMA, es que como estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, sabemos la dificultad que muchas veces implica entender procesos que se implementan principalmente en sistemas de Telecomunicaciones, ya que estos se diseñan utilizando modelos matemáticos muy complejos, lo que conlleva al estudiante a sentir cierto temor cuando se inicia en el estudio de estos temas.

Por esta razón, el presente trabajo escrito y el video que proponemos trata de introducir al estudiante al Control de Potencia en IS-95 CDMA de una manera más comprensible y clara de la que los libros y revistas científicas generalmente lo explican.

4.4 JUSTIFICACIÓN

El presente video se lo realizó para que el estudiante y en general, cualquier persona que tenga conocimientos básicos o inclusive, ningún conocimiento sobre sistemas de telecomunicaciones, pueda comprender de mejor manera cómo es el proceso del control de potencia en IS-95 CDMA, ya que actualmente no se cuenta con una herramienta similar a ésta, para entender el proceso antes mencionado.

4.5 PROPUESTA

El presente proyecto plantea la creación y producción de un video a modo de herramienta didáctica explicativa sobre el Control de Potencia en IS-95 CDMA, haciendo uso de entornos 3D y animaciones de los mismos, usando un lenguaje en la narración del video que pueda ser comprendido por cualquier persona e incorporando dispositivos que implementan CDMA para la comunicación.

Se plantea usar el software Maxon Cinema 4D, el mismo que permite modelar los objetos necesarios que hemos mencionado.

4.5.1 MARCO CONCEPTUAL

Para la creación y producción del video, se aplicaron diversos conceptos como los principios básicos de la animación, la utilización de texturas de

acuerdo a los objetos creados y diferentes ángulos de cámara en donde se desarrollará toda la animación.

La modelación de cada entidad (estación base, móvil, auto, etc.) se realizó mediante objetos predefinidos como cubos, esferas, etc., y luego se dio forma a cada objeto hasta obtener el acabado deseado.

El texturizado (color) de los objetos creados, luces y los diferentes puntos de toma de cámara se los realizó utilizando las opciones y características que ofrece en software de animación Cinema 4D R14.

4.6 REQUERIMIENTOS OPERACIONALES E INFRAESTRUCTURA

4.6.1 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Los elementos de hardware requeridos para la realización del video se detallan en la Tabla 4.1.

4.6.2 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Los elementos de software requeridos para la realización del video se detallan en la Tabla 4.2.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DETALLE
1 LAPTOP SONY VAIO FIT 14E	Tarjeta madre INTEL 1.80 GHz	Proceso de la creación y producción del video
	Procesador Intel® Pentium® CPU 2117U @ 1.80 GHz	
	Disco Duro de 673 GB TOSHIBA MQ01ABD075	
	Memoria RAM de 4 GB	
	DVD-RAM MATSHITA UJ8C2	
1 PEN DRIVE	KINGSTON TSE9 de 8 GB	Transporte y respaldo de archivos
1 DVD	4.7 GB	Video finalizado

Tabla 4.1. Requerimientos de Hardware

SOFTWARE	DETALLES TÉCNICOS
Maxon Cinema 4D R14	Modelado piezas gráficas y animación
Adobe Premier CS6	Edición de videos y poner audio

Tabla 4.2. Requerimientos de Software

4.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para el desarrollo del video se crearon varias entidades en 3D, para lo cual se usaron distintas técnicas de modelación, textura y distintos puntos de vista de cámara para tener una mejor percepción del entorno donde se desenvuelve la explicación.

El proceso de texturizar es darle realismo a una pieza gráfica con colores, relieves, profundidad y más detalles que lo hagan parecer real y tangible.

Por otro lado, modelar un objeto 3D puede "verse" de dos formas distintas.

Desde un punto de vista técnico, es un grupo de fórmulas matemáticas que describen un "mundo" en tres dimensiones.

Desde un punto de vista "visual", un modelo en 3D es una representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados (renderización), se convertirán en una imagen en 3D o una animación 3D.

Existen aplicaciones de modelado en 3D, que permiten una fácil creación y modificación de objetos en tres dimensiones. Estas herramientas suelen tener objetos básicos poligonales (esferas, triángulos, cuadrados, etc.) para ir armando el modelo. Además suelen contar con herramientas para la generación de efectos de iluminación, texturizado, animación, transparencias, etc.

Algunas aplicaciones de modelado son 3D Studio Max, Alias, Blender, Cheetah3D, Cinema 4D, Generative Components, Houdini, LightWave, Maya, MilkShape 3D, modo Rhinoceros 3D, Softimage|XSI, trueSpace, ZBrush, etc.

En nuestro proyecto usaremos la aplicación de modelación 3D Cinema 4D.

- Creación de la estación móvil CDMA, tablet WCDMA y la estación base.

La creación del móvil (siemens CDMA) y la estación base se desarrollaron con objetos paramétricos o figuras geométricas deformando su entorno y luego añadiéndole color y textura a cada pieza.

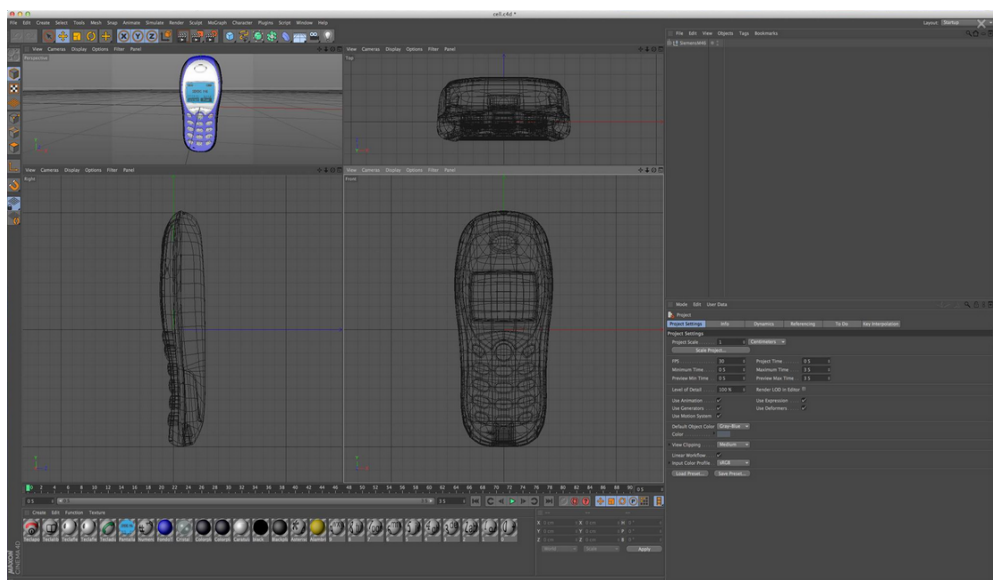


Figura 4.1. Planos del móvil CDMA en Cinema 4D

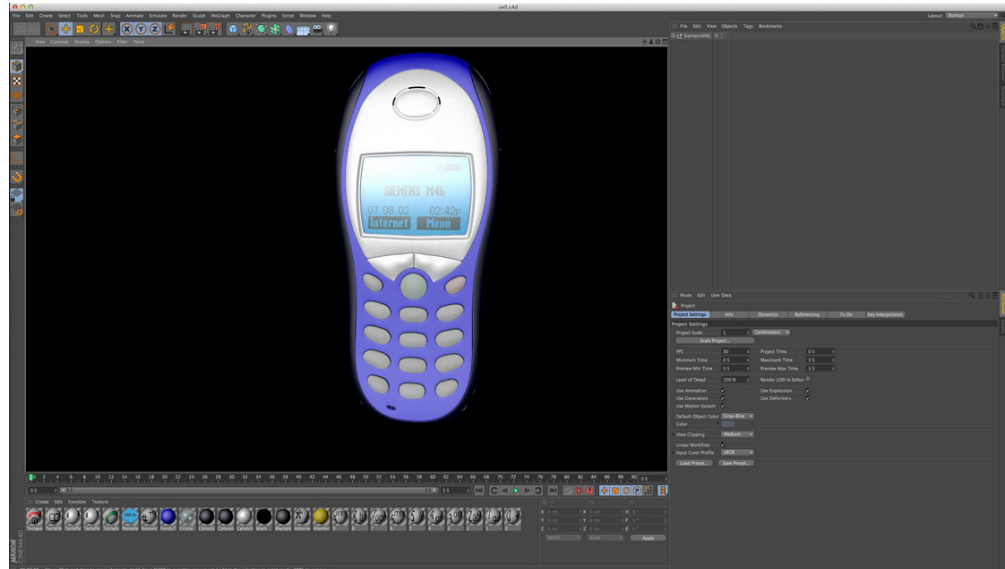


Figura 4.2. Acabado final del móvil CDMA en Cinema 4D

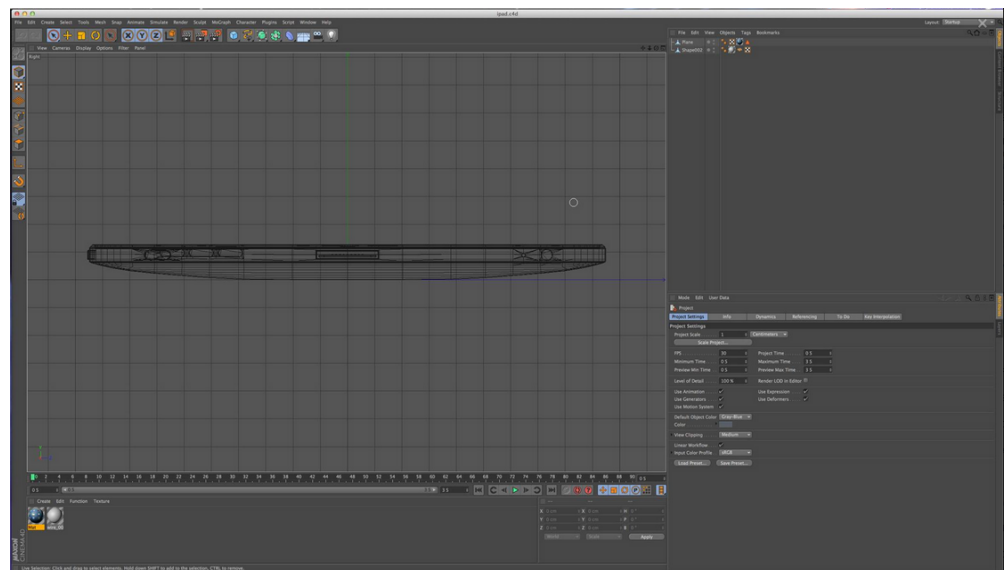


Figura 4.3. Planos de la Tablet WCDMA en Cinema 4D



Figura 4.4. Acabado final de la Tablet WCDMA en Cinema 4D

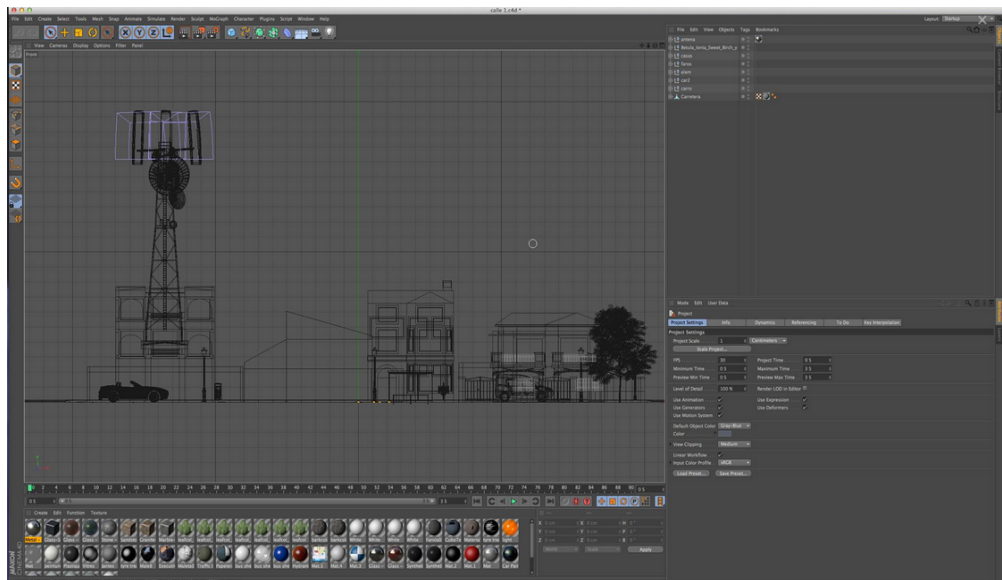


Figura 4.5. Planos de la Estación Base en Cinema 4D

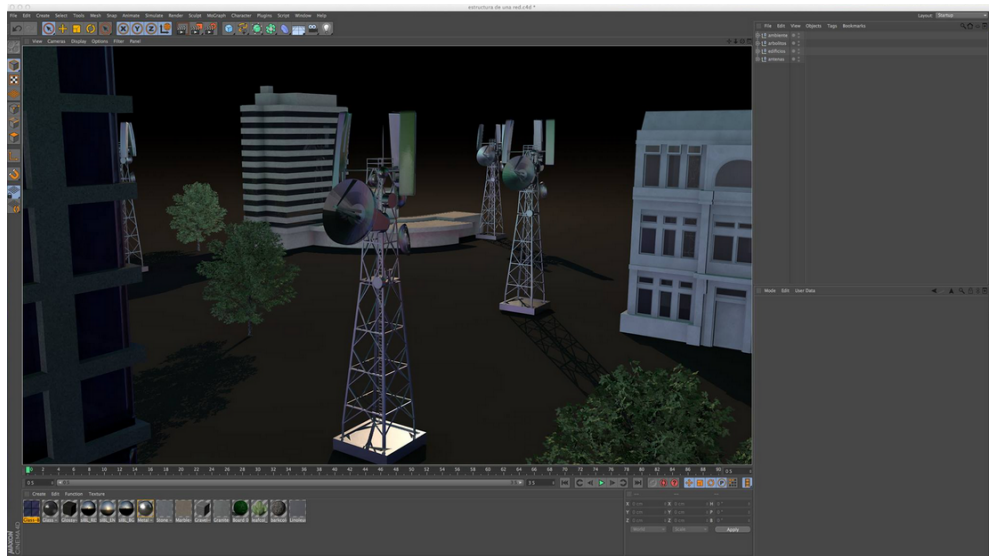


Figura 4.6. Acabado final de la Estación Base en Cinema 4D

- **Creación del satélite.**

Las alas del satélite se hicieron usando un cuadrado deformado, las cuales van atravesadas por un cilindro, que da la sensación de que un tubo atraviesa las alas. La antena del satélite fue modelada con la mitad de una esfera hasta darle la forma necesaria. Por último, la parte de atrás del satélite fue hecha con cuadrados, moldeándolos hasta obtener la forma deseada (Figura 4.8).

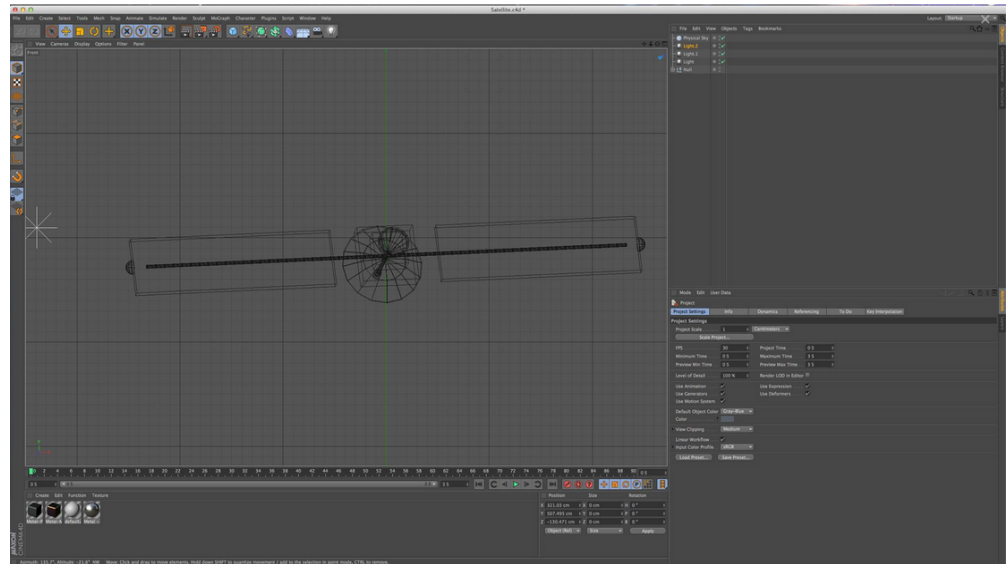


Figura 4.7. Planos del satélite en Cinema 4D

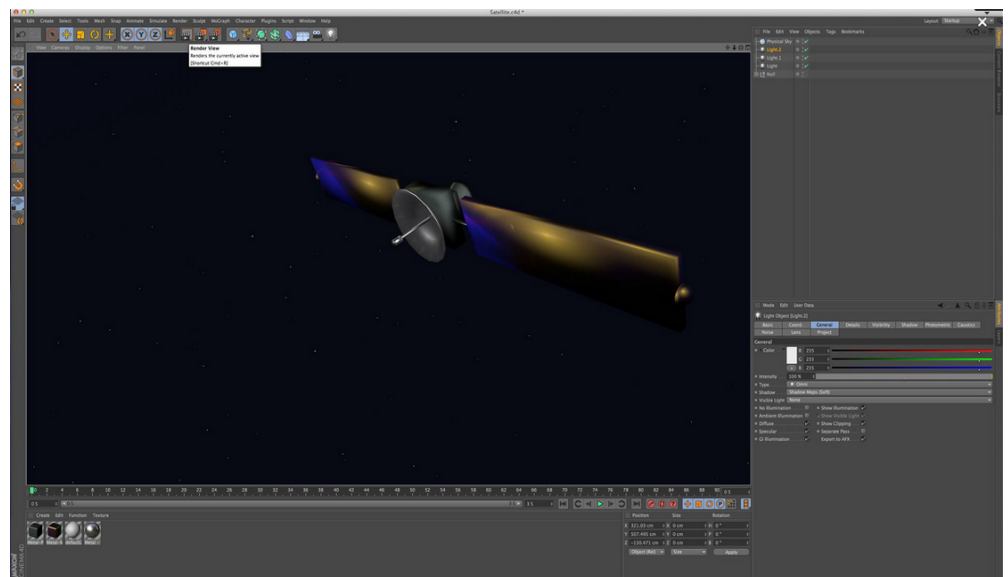


Figura 4.8. Acabado final del satélite en cinema 4D

- **Creación del auto.**

Las llantas del auto fueron modeladas a partir de tubos y cilindros, moldeando los tubos y cilindros hasta obtener el correcto acabado.

La carcasa del auto fue realizada creando polígonos punto a punto.

Para más información de cómo realizar el modelamiento básico del auto, ver la siguiente dirección electrónica:

<http://www.youtube.com/watch?v=GXI7TcgaXQ0>

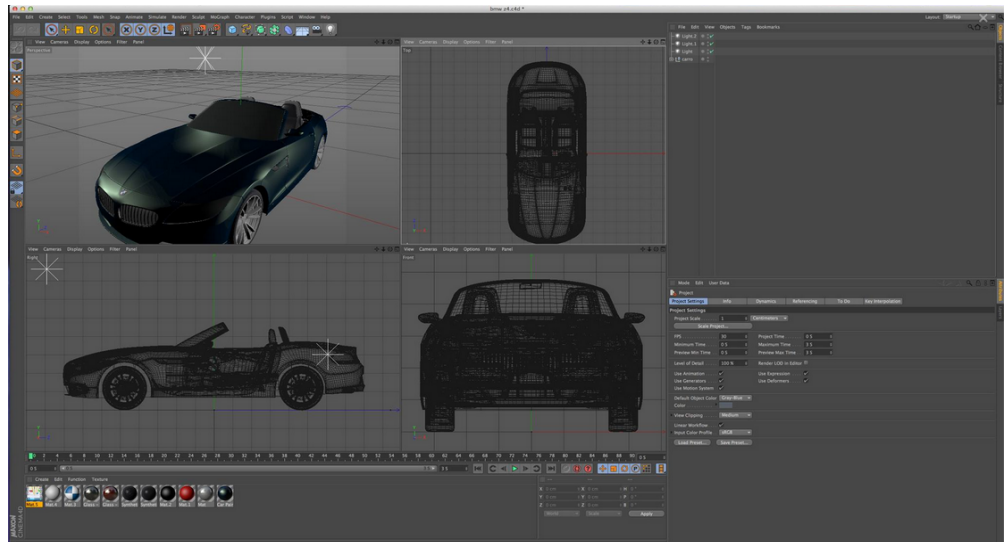


Figura 4.9. Planos del auto en Cinema 4D



Figura 4.10. Acabado final del auto en cinema 4D

CONCLUSIONES

1. Se pudo desarrollar un video en 3D que pueda explicar cómo funciona el Control de Potencia en IS-95 CDMA, mediante animaciones sencillas y claras usando en software de animación Cinema 4D R14.
2. Se usó el Software de edición de audio y video Adobe Premier CS6 para editar las escenas del video e insertar el audio respectivo.
3. El Control de Potencia en IS-95 CDMA implementa dos procesos distintos para cada canal (Directo o de Reversa) para balancear los niveles de potencia transmitidos por el móvil y la estación base en una comunicación.
4. Este trabajo se basó principalmente en la definición del Estándar IS-95 B, ya que este es una fusión de otros tres estándares, incluido el IS-95 A, por lo cual usamos el documento que describe a IS-95 B.
5. La implementación del Control de Potencia en una comunicación basada en IS-95 CDMA mitiga los efectos del problema de Cercano-a-Lejano e Interferencia por Acceso Múltiple.

RECOMENDACIONES

1. Recomendamos que al hacer un proyecto de este tipo, el video se lo haga usando el software de animación 3D Cinema 4D R14, por su relativa facilidad al momento de usarlo y crear un video con animaciones en 3D.
2. Se recomienda tener la asesoría de personas que estén familiarizadas con la producción de videos en 3D, en especial cuando los autores deseen realizar un video específico sobre algún tema y los conocimientos que tengan sobre creación, animación y producción de videos sean escasos o pocos.
3. Para la creación, animación y producción del video, se recomienda el uso de una computadora de alta capacidad de procesamiento, debido a que el software Cinema 4D necesita de una gran cantidad de RAM y gran velocidad de procesamiento del procesador.

BIBLIOGRAFÍA

[1] TIA/EIA-95-B, "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Spread Spectrum Systems", Octubre 31, 1998.

[2] Yang C. Samuel, "CDMA RF System Engineering" Artech House, 1998.

[3] Vijay K. Garg, University of Illinois "IS-95 CDMA and cdma2000: Cellular/PCS Systems Implementation" Prentice Hall, Septiembre 1999.

[4] Muñoz Rodríguez David, "Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V., 2002.

[5] Couch León, "Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos", Prentice Hall, 1997

[6] Oppenheim Alan, "Señales y Sistemas", Prentice Hall, 1997

[7] Rappaport Theodore, "Smart Antennas for Wireless Communications", Prentice Hall, 1999

[8] Stallings William, "Wireless Communications and Networking", Pearson Education, 2002

[9] Mohammed Elmusrati, "Power Control and Mimo Beamforming in CDMA Mobile Communication Systems",
<http://autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/rpt/r129isbn9512261022.pdf>, fecha de consulta Octubre 2013.

[10] Kerala Police, "CDMA Concepts",
<http://www.keralapolice.org/telecommunication/refpdf/CDMA%20CONCEPTS.pdf>
, fecha de consulta Octubre 2013

[11] Hsiao Hwa Chen, "The Next Generation CDMA Technologies", http://www-unix.ecs.umass.edu/~zhlai/ece645_files/ECE645_Fall2011_CDMA.pdf, fecha de consulta Noviembre 2013.

[12] IS-95 CDMA One, <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/3gpp2/is95-cdmaone.php>, fecha de consulta Noviembre 2013.