



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica

**FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEFONÍA
CELULAR EV-DO BASADO EN UN SISTEMA CDMA 2000,
EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA**

Victor Orlando Morales Acevedo
Asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos

Guatemala, septiembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEFONÍA
CELULAR EV-DO BASADO EN UN SISTEMA CDMA 2000, EN LA
CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

VICTOR ORLANDO MORALES ACEVEDO

ASESORADO POR EL ING. EDGARDO LOUKOTA CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Ingrid Salomé Rodríguez García
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Edwin Efraín Segura Castellanos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEFONÍA CELULAR EV-DO BASADO EN UN SISTEMA CDMA 2000, EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 20 de abril de 2004.

Victor Orlando Morales Acevedo

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

MIS PADRES

Víctor Manuel Morales Pérez.
Noemí Acevedo de Morales

MIS ABUELAS

Martiliana Pérez Velásquez (Q.E.P.D.)
Cecilia López De Acevedo (Q.E.P.D.)

MIS HERMANOS

José Manuel Morales Acevedo
Jesús Alberto Morales Acevedo

MIS AMIGOS

Francisco José Hernández Coloma
Victor Manuel Navas Martínez, los cuales siempre nos apoyamos a lo largo de la carrera y a todos los que Dios me permitió conocer.

MI FAMILIA

Quienes a lo largo de mi vida me han brindado su apoyo.

MI PAÍS

GUATEMALA

MI UNIVERSIDAD

SAN CARLOS DE GUATEMALA

MI FACULTAD

INGENIERÍA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1 CONCEPTOS BÁSICOS DE CDMA 2000 1XEV-DO	1
1.1 Evolución de la telefonía inalámbrica	1
1.1.1 Primera generación de teléfonos móviles (1G).....	1
1.1.2 Segunda generación de teléfonos móviles (2G).....	1
1.1.3 2.5 Generación de teléfonos móviles (2.5G)	2
1.1.4 Tercera generación de teléfonos móviles (3G).....	2
1.2 Estructura básica de la telefonía celular	3
1.2.1 Autenticación.....	5
1.3 Introducción a CDMA y CDMA 2000	5
1.3.1 Enlace directo	5
1.3.1.1 Canal piloto	6
1.3.1.2 Canal de sincronía	6
1.3.1.3 Canal de búsqueda.....	7
1.3.1.4 Canal de tráfico.....	7
1.3.2 Enlace de reversa	7
1.3.2.1 Canal de acceso	8
1.3.2.2 Canal de tráfico.....	8
1.3.3 <i>Hand-off</i>	9
1.3.4 Control de potencia.....	9
1.3.4.1 Control de lazo de abierto.....	9
1.3.4.2 Control de lazo cerrado.....	9
1.4 CDMA 2000 1X.....	10

1.4.1	MS	10
1.4.2	BSS.....	10
1.4.3	BSC	10
1.4.4	MSC.....	11
1.4.5	PCF.....	11
1.4.6	PDSN.....	11
1.4.7	Servidor AAA	11
1.4.8	HA.....	12
1.4.9	FA	12
1.5	EVDO para CDMA 2000 1X	13
1.6	Servicios y aplicaciones	13
1.6.1	Servicios	14
1.6.1.1	Servicios móviles	14
1.6.1.2	Servicios interactivos	14
1.6.1.3	Servicios de distribución	15
1.6.2	Aplicaciones.....	15
1.6.2.1	Aplicaciones móviles.....	15
1.6.2.2	Aplicaciones interactivas.....	15
1.6.2.3	Aplicaciones de distribución.....	16
2	OPERACIÓN DEL SISTEMA EVDO	17
2.1	Introducción a la telefonía CDMA2000 1XEV-DO	17
2.2	Características principales de CDMA2000 1XEV-DO	17
2.3	Estructura de los canales de transmisión CDMA 2000 1XEV-DO.....	17
2.3.1	Codificación del canal.....	19
2.3.2	Modulación del sistema de transmisión.....	19
2.4	Operación del sistema CDMA 1XEVDO.....	19
2.4.1	Modo de inicialización.....	19
2.4.2	Modo desocupado	20
2.4.3	Modo de asignación ó acceso inicial	20
2.4.4	Modo de conexión	21
2.4.5	Modo inactivo.....	21

2.5	<i>Hand-Off</i> CDMA 2000 1XEV-DO	21
2.5.1	<i>Hard hand-Off</i>	22
2.5.2	<i>Soft hand-Off</i>	22
2.6	Protocolos de comunicación de CDMA2000 1XEV-DO	22
2.6.1	Capa física	22
2.6.1.1	Estructura del canal reverso	23
2.6.1.1.1	Estructura de canales de acceso reverso.....	24
2.6.1.1.2	Estructura de canales de tráfico reverso	24
2.6.1.2	Estructura del canal directo	26
2.6.1.2.1	Canal piloto directo	27
2.6.1.2.2	Canal de tráfico directo.....	27
2.6.1.2.3	Canal de control directo.....	27
2.6.1.2.4	Estructura del canal MAC directo	27
2.6.1.2.5	Canal de control de potencia reversa RPC.....	28
2.6.2	Capa MAC	28
2.6.2.1	Protocolo del canal de control MAC.....	28
2.6.2.2	Protocolo del canal de tráfico directo MAC.....	29
2.6.2.3	Protocolo del canal de acceso MAC.....	29
2.6.2.4	Protocolo de canal de tráfico reverso MAC	30
2.6.3	Capa de seguridad.....	30
2.6.3.1	Protocolo de seguridad	30
2.6.3.1.1	Protocolo de intercambio de claves	31
2.6.3.2	Protocolo de autenticación.....	31
2.6.3.3	Protocolo de encriptación.	31
2.6.4	Capa de conexión	31
2.6.4.1	Protocolo de manejo de enlace aéreo.	33
2.6.4.2	Protocolo de estado de inicialización por defecto.....	33
2.6.4.3	Protocolo de estado desocupado	34
2.6.4.4	Protocolo de Estado Conectado	35
2.6.4.5	Protocolo de actualización de rutas	35
2.6.4.6	Protocolo de consolidación de paquetes	35
2.6.4.7	Protocolo de mensajes de encabezado.....	35

2.6.5	Capa de sesión.....	35
2.6.5.1	Protocolo de manejo de sesión.....	36
2.6.5.2	Protocolo de manejo de direcciones.....	36
2.6.5.3	Protocolo de configuración de sesión.....	36
2.6.6	Capa de flujo.....	37
2.6.7	Capa de aplicación.....	37
2.6.7.1	Aplicación de señalización por defecto.....	37
2.6.7.2	Paquetes de aplicación por defecto.....	38
3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CDMA2000 1XEV-DO.....	41
3.1	DSL.....	41
3.1.1	Arquitectura del DSL.....	41
3.1.1.1	El proveedor de la red de acceso.....	41
3.1.1.2	El proveedor de la red servicio.....	42
3.1.1.3	Equipo de cliente local.....	42
3.1.2	ADSL.....	42
3.1.3	SDSL.....	42
3.2	WIFI.....	43
3.3	WiPLL.....	44
3.3.1	Estación base.....	44
3.3.1.1	BSDU.....	45
3.3.1.2	BRS.....	46
3.3.1.3	SDA.....	46
3.3.2	Estación subscriptora.....	47
3.3.2.1	SPR.....	47
3.3.2.2	SDA.....	48
3.3.3	Centro de operaciones.....	48
3.4	WiMax.....	48
3.4.1	Terminal de acceso fija.....	49
3.4.2	Terminal de acceso móvil.....	49
3.4.3	Terminal de acceso portable.....	49
3.5	HSDPA.....	50

3.6	Ventajas y desventajas.....	52
3.6.1	DLS vs. CDMA2000 1XEV-DO.....	52
3.6.2	WIFI vs. CDMA2000 1XEV-DO.....	52
3.6.3	WIPLL vs. CDMA2000 1XEV-DO.....	53
3.6.4	WiMax vs. CDMA2000 1XEV-DO.....	53
3.6.5	HSDPA vs. CDMA2000 1XEV-DO.....	54
3.7	Conclusiones.....	55
4	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	57
4.1	Justificación.....	57
4.2	Factibilidad técnica.....	57
4.2.1	Requerimientos de instalación.....	58
4.2.1.1	DOM.....	58
4.2.1.2	DO-RNC.....	59
4.2.1.3	DO-EMS.....	60
4.2.1.4	Servidor AN-AAA.....	61
4.2.2	Requerimientos de cobertura y capacidad de transmisión del sistema... 61	
4.2.2.1	Parámetros de cobertura y capacidad.....	62
4.2.3	Cálculos de cobertura – capacidad.....	62
4.2.3.1	Capacidad de transmisión del DOM.....	63
4.2.3.2	Capacidad de transmisión del DO-RNC.....	65
4.2.3.2.1	Capacidad de transmisión del SC.....	65
4.2.3.2.2	Capacidad de transmisión del RNSM.....	65
4.2.3.2.3	Capacidad de transmisión BIO.....	68
4.2.4	Análisis de transporte.....	68
4.2.5	Diseño preliminar de la red CDMA2000 1XEV-DO para la ciudad de Guatemala.....	69
4.2.5.1	Modelo de red.....	69
4.2.5.2	Cobertura del sistema CDMA 2000 1XEV-DO.....	70
4.2.5.3	Geometría celular.....	70

CONCLUSIONES 75
RECOMENDACIONES 77
BIBLIOGRAFÍA 79
ANEXOS 81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Sistema celular básico	4
2. Reutilización de frecuencias entre celdas.....	5
3. Enlace directo.....	6
4. Enlace reverso	8
5. Sistema celular CDMA 2000 1X.....	12
6. Proceso de servicio de datos en el sistema CDMA 2000 1X.....	13
7. CDMA2000 1XEV-DO canal directo.....	18
8. CDMA 2000 1XEV-DO canal reverso.....	23
9. Estructura del canal reverso.....	24
10. Estructura del canal directo.....	26
11. Protocolos de la capa de conexión	32
12. Capas del sistema CDMA 2000 1XEV-DO.....	39
13. Sistema DSL	41
14. Sistema de última milla inalámbrico WipLL completo.....	45
15. Sitio del suscriptor con el equipo instalado.....	47
16. Arquitectura HSDPA.....	50
17. Modelo del sistema CDMA 2000 1XEV-DO	70
18. Celda con antena omnidireccional	71
19. Celda con antenas directivas	72
20. Cobertura del sistema CDMA 2000 1XEV-DO, en la ciudad capital.....	73

GLOSARIO

QAM	De sus siglas en inglés, <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> , técnica de transmisión y consiste en codificar la información dentro de dos ondas portadoras de acuerdo a la variación de amplitud estando una de las dos portadoras fuera de fase 90° respecto a la primera.
2.5G	Referente a la evolución de la tecnología de telefonía celular de la 2da. generación a la 3era. generación .
3G	Se refiere a la tecnología de telefonía celular de 3era. generación.
8-PSK	De sus siglas en inglés, <i>8 Phase-Shift Key</i> , es una técnica de transmisión basada en el cambio de fase por cada valor binario que reciba que para este caso en particular es de 0-7.
AMPS	De sus siglas en inglés, <i>Advanced Mobile Phone System</i> y significa sistema telefónico móvil avanzado y fue el primero en su clase.
Analógico	Se dice que una señal es analógica cuando las magnitudes de la misma se representan mediante variables continuas, esto es análogas a las magnitudes que dan lugar a la generación de esta señal.
Ancho de banda	Parte del espectro radioeléctrico, el cual es utilizado por una señal y sus armónicos.

ANSI	De sus siglas en inglés, <i>American National Standards Institute</i> , esta es una organización no lucrativa que norma los estándares de calidad de Estado Unidos de Norte América ante la ISO (<i>International Standars Organization</i>).
ATM	De sus siglas en inglés, <i>Asynchronous Transfer Mode</i> , técnica de transferencia de información binaria, basada en transmisión de paquetes de longitud fija.
Baudios	El baudio es la medida que se utiliza para medir la velocidad de transmisión de los datos.
BER	De sus siglas en inglés <i>Bit Error Rate</i> , indica un porcentaje de bits erróneos en base a una cantidad total de bits enviados en una transmisión digital.
Bit	Digito binario, puede ser representado por un 1 ó un 0.
BPSK	De sus siglas en inglés, <i>Binary Phase Shift Keying</i> , técnica de modulación basado en el cambio de fase de la señal entrante en radio frecuencia.
BSDU	De sus siglas en inglés, <i>Base Station Distribution Unit</i> , es un dispositivo de distribución de paquetes IP para un sistema de transmisión inalámbrico (BSR).
BSR	De sus siglas en inglés, <i>Base Station Radio</i> , es un dispositivo de transmisión en radio frecuencia, punto multipunto.
Canal de voz	Canal de comunicación utilizado para la transmisión de voz.

CDMA	De sus siglas en inglés <i>Code Division Multiplex Access</i> , técnica de transferencia de información binaria basada en la transmisión de códigos ortogonales.
Celda	Área geográfica que contiene una antena y los dispositivos necesarios para recibir señales de terminales de acceso. Sirven como interfaz entre la central de conmutación y la terminal de acceso.
Celular analógico	Dispositivo de comunicación, de tecnología basada en las transmisión análoga.
Secuencia de Walsh	Consiste en filas de una matriz de Hadamard cuyas dimensiones son potencia de dos y son ortogonales, cuando se relacionan sobre su período.
Conmutación	Se refiere a la acción de conmutar o bien determinar la acción y la secuencia en la cual las señales recibidas deben cambiarse sincronizadamente hacia otro canal de comunicación.
Criptosincronía	Se refiere a una señal de sincronización que por razones de seguridad es codificada para que no pueda ser leída por cualquier sistema.
DCR	De sus siglas en Inglés, <i>Data Rate Control</i> , es un canal de control de medida del enlace reverso y directo el cual informa a que velocidad es posible conectar el canal de tráfico.
DHCP	De sus siglas en inglés, <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> , este es un protocolo que asigna direcciones IPS de forma dinámica o automática. Este protocolo pertenece a la IETF.

DO-EMS	De sus siglas en inglés <i>Data Only Element Management Subsystem</i> , es el servidor central de manejo del sistema de 1XEV-DO.
DOM	De sus siglas en inglés, <i>Data Only Module</i> , es el dispositivo encargado de el manejo de los datos que provienen de DO-RNC y del AT.
DO-RNC	De sus siglas en inglés <i>Data Only Radio Network Controller</i> es dispositivo encargado del control de todos los subsistemas relacionados con la transmisión en radio frecuencia.
DSL	Se sus siglas en inglés, <i>Digital Subscriber Line</i> , tecnología que permite alta velocidades de transmisión a través de 2 cables de cobre.
E1	Se refiere a la velocidad de transmisión de 2048 Kbps.
Encriptación	Es el tratamiento de un conjunto de datos, contenidos o no en un paquete, a fin de impedir que nadie excepto el destinatario de los mismos pueda leerlos.
Enrutamiento	Se refiere a la acción de enrutar o conmutar las señales entrantes de un circuito a otro (punto a otro).
Espectro	Es el espacio que ocupa una señal radio eléctrica en función de la frecuencia.
Ethernet	Se refiere al estándar 802.3 de la IEEE y usa el protocolo CSMA/CD.

FCS	De sus siglas en inglés, <i>Frame Check Sequence</i> , y es usado en un protocolo del canal de acceso MAC.
FDMA	De sus siglas en inglés, <i>Frequency Division Multiplexing Access</i> , es una técnica de transmisión de datos con modulación en frecuencia, teniendo cuidado que en multiplexación de las señales en frecuencia no se solapen.
Frecuencia	Cantidad de oscilaciones por segundo en una onda.
FTC	De sus siglas en inglés, <i>Forward Traffic Channel</i> , se refiere a una canal de transmisión para el tráfico en el enlace directo del sistema CDMA 2000 1XEV-DO.
Full-Duplex	Se refiere a la capacidad de transmisión en dirección directa y en reversa en forma simultanea de un dispositivo o sistema.
HLR	De sus siglas en inglés, <i>Home Location Register</i> , es el encargado de mantener la base de datos principal que contiene la información de los suscriptores de una red móvil.
IEEE	De sus siglas en inglés, <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , organización que elabora estándares en las áreas de ingeniería eléctrica, electrónica, comunicaciones y computación.
IP	De sus siglas en inglés, <i>Internet Protocol</i> , es el método o protocolo por el que, los datos se envía de una computadora a otra por medio de la <i>Internet</i> .
IS-2000	De sus siglas en inglés <i>Interim Standard –2000</i> , es la segunda generación del estándar IS-95.

ISP	De sus siglas en inglés, <i>Internet Service Providers</i> , y se refiere a proveedores de servicios de <i>Internet</i> .
JTACS	De sus siglas en inglés, <i>Japanese Total Access Communication System</i> .
MODEM	Dispositivo que es capaz de modular y demodular señales eléctricas para la transmisión de información digital.
Modulación	Proceso o procesos usados para hacer variar una señal proporcional a una señal de referencia.
OFDM	De sus siglas en inglés, <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> , tecnología basada en la multiplexación de frecuencias ortogonales.
Omnidireccional	Se refiere a un método de transmisión en radio frecuencia, basada en la emisión de radiación en energía dispersa o dicho de otra manera en todas direcciones.
Ortogonal	Se dice que dos funciones son ortogonales si su producto escalar es igual a 0. Dicho de otra forma ningún valor de las dos funciones tienen relación alguna.
PCS	<i>Personal Communications Services</i> el primero de la 2da. generación de tecnología celular.
PDSN	<i>Packet Data Service Nodes</i>
QPSK	QPSK son las siglas de <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> . Es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases, 45, 135, 225, y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. La modulación QPSK es equivalente a la 4-QAM.

Red	Sistema por medio del cual se logra establecer conexión con uno o mas elementos de su misma clase.
Servidor	Elemento de una red de comunicación su función principal es servir de enlace y de centro de información para los computadores clientes del servidor.
T1	Referente a la velocidad de transmisión de 1536 Kbps.
TACS	De sus siglas en inglés, <i>Total Access Communication System</i> , primer estándar análogo de telefonía móvil basado en sistema AMPS.
Trama	Conjunto de bits que forman un bloque de datos básico. Generalmente, una trama contiene su propia información de control, en la que se incluye la dirección del dispositivo al que está siendo enviado
UWC-136	De sus siglas en inglés, <i>Universal Wireless Communications 136</i> diseñado para cumplir requerimientos para el IMT 2000.
Velocidad de transmisión	Numero de bits enviados por unidad de tiempo.
VLR	De sus siglas en inglés, <i>Visitors Location Register</i> , es el encargado de proveer servicio a los móviles visitantes o dicho de otra forma provee <i>roaming</i> .

RESUMEN

Los sistemas de comunicación están en constante evolución, tanto a nivel inalámbrico como alámbrico ésto es debido a la demanda que esta en constante aumento. Aumentando también la cantidad de usuarios de sistemas de comunicación que demandan servicios adicionales, como por ejemplo, la flexibilidad de la movilidad y otros servicios.

En función de esta demanda se han tratado de desarrollar varios sistemas que pretenden cubrir esta necesidad. Se han desarrollado varios sistemas de comunicación inalámbricos en diferentes líneas de la tecnología.

Entre los sistemas de comunicación inalámbrica esta el sistema CDMA 2000 1XEVD-DO, el cual puede ser una opción bastante viable, si se toma en cuenta que no es necesario instalar una estructura nueva para el montaje de dicho sistema de comunicación inalámbrica, además de proveer a los usuarios de movilidad y capacidad de transmisión de datos al mismo tiempo.

Este sistema usa los equipos que se encuentran instalados del sistema CDMA 2000 1X esto significa que se optimizaría la utilización del sistema CDMA 2000 1X que se encontraban ya instalados.

Los costos de operación son bajos comparados con otros sistemas, lo cual da un valor agregado al sistema.

OBJETIVOS

- **General**

El proponer una solución a la demanda de transporte de datos, propiamente de Internet móvil para la ciudad capital de Guatemala y dar a conocer más acerca de este sistema de transmisión de datos, el cual esta diseñado para su implementación con la estructura ya instalada de CDMA 2000 1X.

- **Específicos**

1. El conocer acerca de las generaciones de los sistemas celulares.
2. El conocer la estructura de una red celular básica y las funciones que desarrollan cada elemento de dicha red
3. El desarrollar el conocimiento en general acerca de la red de comunicación CDMA 2000 1XEV-DO.
4. El profundizar en el conocimiento de los diferentes sistemas de comunicación para considerar las ventajas y desventajas propias de cada tecnología.
5. El definir los parámetros a considerar para el diseño de una red de comunicación CDMA 2000 1XEV-DO.
6. El proponer la implementación de una tecnología de tercera generación basada en la red CDMA 2000 1X.

INTRODUCCIÓN

La tecnología en los sistemas de comunicación inalámbrica sigue evolucionando constantemente esto es debido a la demanda de servicios basados en este sistema. Las demandas de estos servicios cada vez proveen una mayor cantidad de aplicaciones lo cual repercute en el desarrollo de forma acelerada y también mejora la calidad de servicio.

Conforme ha evolucionado la tecnología de los sistemas de comunicación inalámbricas también se ha desarrollado la capacidad de transmisión de datos por medio de los sistemas inalámbricos, lo cual resulta muy conveniente para los usuarios y las empresas. En esta trabajo de graduación se realizará una factibilidad de implementación de un sistema de transmisión inalámbrica de datos orientados hacia aplicaciones propias del *Internet*. Esto se hace en forma de propuesta para dar solución a la creciente demanda de usuarios de *Internet*, pues la instalación para el cliente final es de solo agregar una tarjeta a su computadora y podrá disfrutar de un enlace de *Internet* desde cualquier parte de la ciudad capital donde se tenga cobertura por medio de dicho sistema.

Para poder realizar esta factibilidad se deben de tomar en consideración factores tales como la tecnología que se utilizará para implementar dicha red de comunicación inalámbrica, otro factor que se debe de considerar es la cantidad de usuarios para la cual se diseñará dicha red de comunicación.

En la presente trabajo de graduación se propone la implementación de una red de comunicación denominada CDMA 2000 1XEV-DO.

La trabajo de graduación se divide en cuatro capítulos. Se inicia con el capítulo 1, en el cual describe la evolución de los sistemas de comunicación celular, además da a conocer los conceptos básicos de la telefonía celular e introduce los conceptos de

sistema CDMA 2000 1X, los canales de comunicación y de control que son utilizados por dicho sistema.

En el capítulo dos, se expone los por menores del funcionamiento del sistema CDMA 2000 1XEV-DO, como lo son la operación del sistema, las características, así como el proceso que lleva los paquetes de datos, que va desde que se genera el paquete hasta que es recibido por el destinatario. También se describe los diferentes niveles de las capas y los protocolos propios de cada capa del cual se conforma el sistema.

El capítulo tres, describe una variedad de sistemas de comunicación con el fin de obtener los conocimientos para poder juzgar de una forma imparcial, si el sistema de CDMA 2000 1XEV-DO, provee una ventaja real sobre otros sistemas de comunicación y así ver, si es conveniente o no de ser implementado.

En el último capítulo, describe el análisis de instalación lo cual implica detallar los requerimiento de los equipos que se deben de instalar de acuerdo al tamaño de la red que se desea implementar.

1 CONCEPTOS BÁSICOS DE CDMA 2000 1XEV-DO.

1.1 Evolución de la telefonía inalámbrica

En 1920 en Detroit Estados Unidos nace la primera red de comunicación móvil para el cuerpo de la policía a 2Mhz. Y el primer radio teléfono fue introducido por Motorola entre los principales colaboradores fue Martín Cooper en 1973. Un par de años después surge el primer sistema celular analógico comercial que trabaja en la banda de 800Mhz, a este sistema es llamado telefonía celular de primera generación.

1.1.1 Primera generación de teléfonos móviles (1G)

La primera generación de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2400 baudios). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA) y, además, la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS.

1.1.2 Segunda generación de teléfonos móviles (2G)

La segunda generación sólo nació en 1990, y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema segunda generación utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: GSM (*Global System Mobile*); TDMA, IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136) y CDMA IS-95 A, y PDC, éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas de segunda generación soportan velocidades de información más altas que los protocolos de la primera generación, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como

datos, fax y SMS. La mayoría de los protocolos de 2G, ofrecen diferentes niveles de encriptación. La segunda generación es un conjunto de tecnologías, como por ejemplo PCS es la banda de operación para el sistemas de comunicación Personal ubicada en 1900MHz.

1.1.3 2.5 Generación de teléfonos móviles (2.5G)

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G, antes de entrar masivamente a la tercera generación. La tecnología 2.5G, es más rápida, y más económica para actualizar a tercera generación. La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas segunda generación, como: GPRS (*General Packet Radio Service*), HSCSD, EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). La tecnología 2.5G, se uso como un paso intermedio para mover los servicios de segunda generación a tercera generación y no cambiar por completo el sistema ya instalado. La tecnología 2.5G provee velocidades y capacidades superiores en el manejo de datos.

1.1.4 Tercera generación de teléfonos móviles (3G)

La tercera generación se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a *Internet*; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas tercera generación soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio(mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a *Internet*, sólo por nombrar algunos.

Los sistemas tercera generación alcanzaran velocidades de hasta 2.048Mbps, en ambientes exteriores permitiendo una movilidad limitada a usuarios. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (*Universal Mobile Telephone Service*) como una opción de evolución para GSM en Europa, CDMA 2000 1XEV-DO y CDMA 2000 1XEV-DV como una opción de evolución para las redes CDMA, UWC-136 en CHINA, entre otras. El impulso de los estándares de la

tercera generación está siendo apoyando por la ITU (*International Telecommunications Union*) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (IMT es una conferencia internacional de telefonía inalámbrica que trato de unificar estándares para tercera generación, no es una tecnología como tal.), este el estándar formal para la tecnología. Este, ha recibido diversos impulsos de diferentes comunidades de desarrolladores como CDMA 2000, o WCDMA.

1.2 Estructura básica de la telefonía celular

Un sistema celular básico consiste en:

- Un teléfono móvil (MS)
- Una estación base (BSS)
- Un conmutador central de móviles (MSC)
- Red pública telefónica conmutada (PSTN)

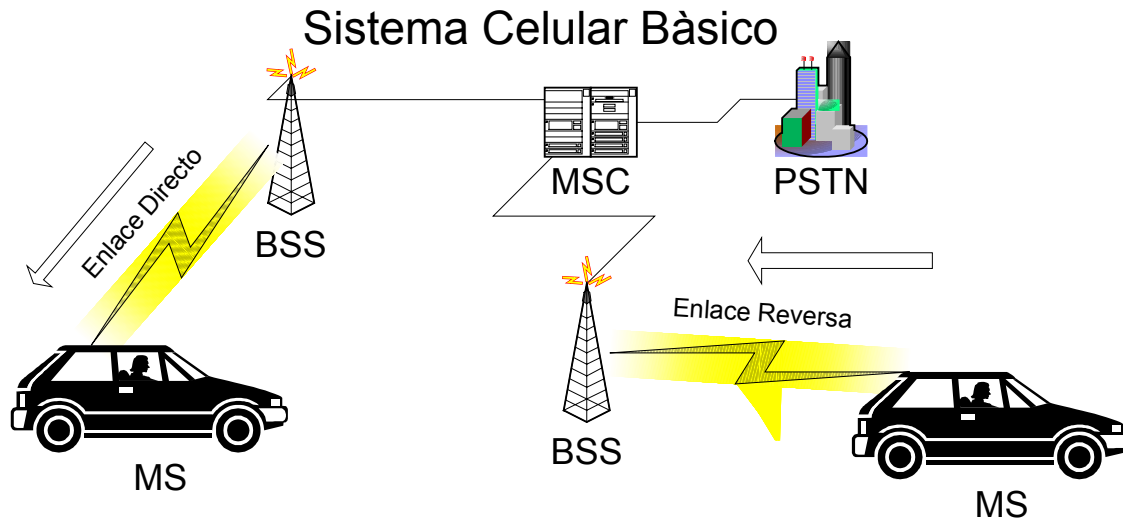
El teléfono móvil se comunica a la BSS usando distintas frecuencias para transmitir y recibir. La BSS transmite en la frecuencia en que el móvil está sintonizado y el móvil transmite en la frecuencia en que la BSS está sintonizada.

Este método permite operación tipo *full-duplex*. La BSS recibe y envía información de los teléfonos móviles al MSC el cual se encarga de administrar el enrutamiento de las llamadas dentro de la red también controla los *hand-offs* y los accesos a ciertas características de los sistemas y accesos a las bases de datos de la red.

Usando técnicas de modulación pone sobre una portadora todas las llamadas y los datos de control para enviarlos al MSC, el cuál efectúa todas las funciones necesarias la información para el cobro, etc.

La PSTN se refiere al entorno público de la red telefónica pública.

1. Sistema celular básico

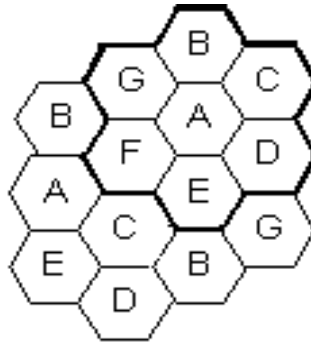


Los sistemas de radio celular se basan en el uso y reutilización eficiente de los canales disponibles a través de un área de cobertura. Cada BSS tiene asignados una serie de canales de radio para ser usados en una pequeña área geográfica denominada celda. A las BSS en celdas adyacentes se les asigna un grupo de canales completamente distintos a las de las celdas vecinas, limitando el área de cobertura de una BSS a una celda, el mismo grupo de canales pueden ser usados para cubrir diferentes celdas separadas unas de otras la suficiente distancia para mantener los niveles de interferencia en límites razonables.

En la figura dos se ilustra el concepto de reutilización de frecuencias. Se ha llamado con la misma letra el mismo grupo de canales. Cada celda se dibuja de forma hexagonal como representación simbólica del área de cobertura de una BSS. La situación ideal sería un círculo alrededor de la antena de la BSS, que en una situación real estaría distorsionado por obstáculos tales como accidentes del terreno y edificaciones. Tanto en la situación real como ideal hay interferencias entre celdas adyacentes.

El radio de cobertura se determina mediante medidas de campo y modelos matemáticos de propagación de señales.

2. Reutilización de frecuencias entre celdas.



1.2.1 Autenticación

Este es el proceso por el cual la información es intercambiada entre un móvil y una estación base con el fin de confirmar la identidad de la estación móvil para lo cual se usa el HLR o bien el VLR si es visitante.

1.3 Introducción a CDMA y CDMA 2000

Ya se explicó en el inciso anterior la estructura de un sistema de telefonía celular en forma general, ahora se conocerá más de un sistema en específico como lo es CDMA IS-95, como ya es conocido este es un sistema de comunicación bi-direccional por lo cual pueden existir dos tipos de comunicación los cuales son:

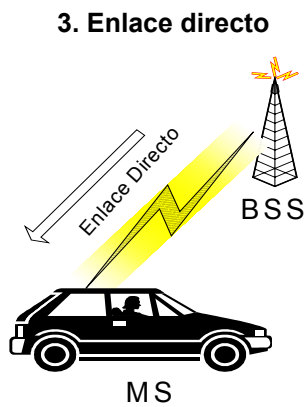
- Enlace directo.
- Enlace reverso.

1.3.1 Enlace directo

El primer caso que se va a examinar es el “enlace directo” que es la comunicación base hacia el móvil como se ilustra en la figura tres. Este enlace consiste en la transmisión simultánea de más de 64 canales con distintas funciones los cuales son

ortogonales entre sí; multiplexado, dentro de la misma portadora RF de 1.25Mhz tanto en directo como en reverso. Las funciones de los canales se dividen en la siguiente forma:

- Canal piloto.
- Canal de sincronización.
- Canal de búsqueda.
- Canal de tráfico.



1.3.1.1 Canal piloto

Cuando se enciende un móvil ocurre que entra a trabajar el canal piloto codificado en una secuencia de walsh0, es usado como referencia de fase para la demodulación de los otros canales pues si la señal piloto es muy débil, la BSS selecciona una señal piloto mas potente. El canal piloto se encuentra transmitiendo continuamente para la recepción de la portadora modulada que contiene información para la medición de potencia del *hand-off*. 64 chips conforman un bit o dicho de otra forma un bit se repite 64 veces para asegurar que se podrá reconstruir por el receptor y cada chip transmite a una velocidad de 1.23Mbps.

1.3.1.2 Canal de sincronía

Después de que el móvil ya adquirió la información del canal piloto el canal de sincronía entra en acción, al igual que el canal piloto se transmite continuamente pues entrega información sobre la temporización del sistema y tiene una velocidad de

1200bps. Se transmite en el código en secuencia de walsh32, transporta información necesaria para decodificar el canal de búsqueda y generar el canal de acceso del móvil esta información es difundida a todos los móviles.

1.3.1.3 Canal de búsqueda

Este canal es utilizado para localizar y registrar a un móvil y procesar una llamadas entrantes desde la base al móvil. La información del canal de búsqueda se genera a velocidades de 1.2, 2.4, 4.8 y 9.6Kbps. Se debe tomar en cuenta que todos los canales de búsqueda son transmitidos a la misma potencia y velocidad dentro del sistema CDMA. Un sistema puede tener hasta siete, canales de voice, y los mismos se colocan en los códigos en secuencia de walsh del uno al siete.

1.3.1.4 Canal de tráfico

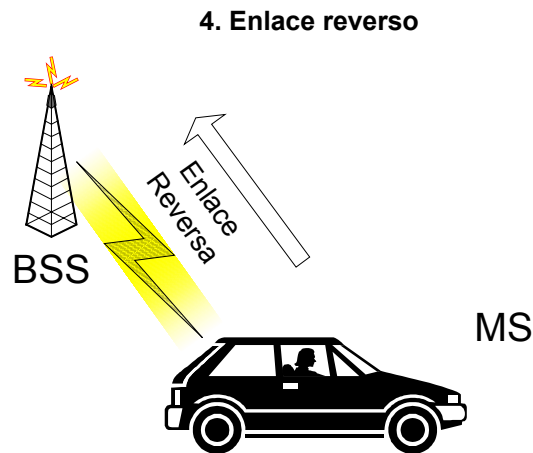
Manejan la voz digitalizada como también los datos propios del móvil, en este canal es regulada la potencia a que se transmite de acuerdo al estado de la señal piloto. Los canales de voz de cada uno de los móviles es codificado, trama por trama utilizando un codificador de voz variable que puede generar los datos a velocidades de 8.6, 4, 2.0, 0.8Kbps, que depende de la actividad de voz. Posteriormente las tramas de voz pasan a un modulador convolucional que eleva la velocidad a 19.2Kbps. Por cada bit es enviado en el espectro una trama de 64.

En los canales de tráfico los datos de la voz son codificados para poder proporcionar al sistema mas privacidad en sus conversaciones, hay que hacer notar que cada canal de tráfico de cada móvil posee un código diferente.

1.3.2 Enlace de reversa

El enlace en reversa se refiere a la comunicación del MS a la BSS. A diferencia del enlace directo el enlace en reversa tienen solamente dos canales los cuales son:

- Canal de acceso.
- Canal de tráfico.



1.3.2.1 Canal de acceso

El canal de acceso es utilizado por el móvil como respuesta al canal de búsqueda para iniciar una llamada saliente proporciona conmutación del móvil hacia la base cuando no se usa el canal de tráfico, es usado también para responder una llamada entrante del móvil.

1.3.2.2 Canal de tráfico

En CDMA existen por lo regular muchos canales de tráfico. La transmisión de un móvil en un canal de tráfico con una serie de códigos. Cada móvil es distinguido por un código que corresponde al número de serie; este número de serie es tanto para el enlace en directo como en reversa.

El móvil debe de enviar una serie de mensajes a la estación base, por lo regular se hace de dos maneras la primera de ellas es mandar los mensajes durante el tiempo que el móvil se mantenga inactivo o bien en silencio. La segunda manera es de sobreponer el mensaje con los datos de voz digitalizada dentro de los datos de voz en el mismo canal.

1.3.3 Hand-off

Es el paso entre una celda y otra sin tener que cortar la comunicación ya establecida para lo cual el MSC procede a asignar la información del móvil a dos BSS (la anterior y la nueva). El móvil promedia ambos valores de la señal piloto en tanto que la MSC la mejor respuesta a la señal y toma la decisión de a cual de las BSS corresponde proveer de cobertura al móvil.

1.3.4 Control de potencia

El control de potencia es una de las partes mas importantes en los sistemas de CDMA. Una de las principales ventajas de los sistemas CDMA, es que pueden soportar una gran cantidad de usuarios simultáneamente.

Por ejemplo si un móvil transmite con una potencia demasiada alta dicho móvil puede causarle interferencia a otro móvil. De allí la necesidad de transmitir a una potencia en la cuál se maximice la capacidad del sistema.

Existe dos criterios de control de potencia los cuales son:

- Control de lazo abierto.
- Control de lazo cerrado.

1.3.4.1 Control de lazo de abierto

El móvil controla la potencia de emisión de acuerdo con la potencia de recepción del canal piloto. El algoritmo tiene previsto una relación $P_{Rx} + P_{Tx} = -73\text{dBm}$, este mecanismo no es muy preciso debido a que la dispersión no es la misma en ambos sentidos en el enlace directo y el enlace reversa.

1.3.4.2 Control de lazo cerrado

La base envía ochocientos, mensajes por segundo para control de emisión del móvil. Dependiendo de la respuesta del móvil que puede ser uno entonces la potencia de transmisión del móvil aumenta 1dB, y si es un 0, disminuye 1dB, hasta encontrar el nivel optimo de potencia de transmisión.

1.4 CDMA 2000 1X

El sistema CDMA2000, es una solución dirigida a tercera generación basada en el estándar IS-95, y proporciona algunos servicios basados en IS-2000. Los sistemas CDMA2000, se desarrolla en dos tipos de fases conocidas como CDMA2000 1X, y CDMA2000 3X. El CDMA2000 1X, es usado para indicar que el portador estándar en el interfaz aérea es de 1.25MHz. El CDMA2000 3X, es usado para especificar tres veces 1.25MHz ó 3.75MHz.

Para implementar CDMA2000, basados en una red IS-95, como primer paso se deberá actualizar el software del MSC, VLR, HLR, BCS, BSS. Un sistema de telefonía celular CDMA 2000 1X, esta compuesto de MS, BSS, BSC, PCF, PDSN, AAA, HA y el FA.

1.4.1 MS

Esta compuesto de una terminal emisor de datos que puede ser una computadora y un móvil transmisor que en este caso se refiere a un teléfono el móvil transmisor de CDMA 2000 1X, y tiene 50%, mas de cobertura, debido a un sistema mas eficiente de control de potencia.

1.4.2 BSS

Se ha mejorado en algunos aspectos como mayor capacidad en el manejo de móviles, mayor cobertura y sirve de soporte para generaciones futuras de móviles.

1.4.3 BSC

El BSC proporciona el mando de las funciones y enlaces físicos entre el MSC y el BTS. La estación base controladora es la encargada de manejar el tráfico de datos y

voz de las BSS que le fueron asignadas. En los sistemas CDMA 2000 1X, también es la encargada del manejo de los *hand-offs* que se produzca en el sistema.

1.4.4 MSC

El MSC realiza la autenticación para verificar la identidad del usuario y asegurar la confidencialidad de las llamadas e interactúa con el PCF para el requerimiento de algún servicio que involucre el manejo de paquetes.

1.4.5 PCF

Los PCF (*packet controller functions*) provee una interfaz entre el BSC y el PDSN, este maneja el tráfico de datos entre el MS y el PDSN, también se encarga del manejo del estado de los paquetes si están en espera o no. Por ejemplo los retardos de los paquetes entre las estaciones móviles y el PDSN; también maneja los traspales y selecciona las PDSN que son necesarias para el tráfico de datos.

1.4.6 PDSN

Este es un nodo de servicio de datos en paquetes entre las funciones que ejecuta esta entidad es, el establecer, mantener los protocolos punto a punto en una sesión de móviles e inicia la autenticación, contabilidad y la autorización para ingresar al *Internet* vía el servidor AAA.

1.4.7 Servidor AAA

Este surgió de la necesidad de seguridad y control del tráfico de paquetes provenientes de una red de IP. Es llamado también radio servidor, el cuál autentifica, autoriza y contabiliza los móviles que están haciendo uso del *Internet*.

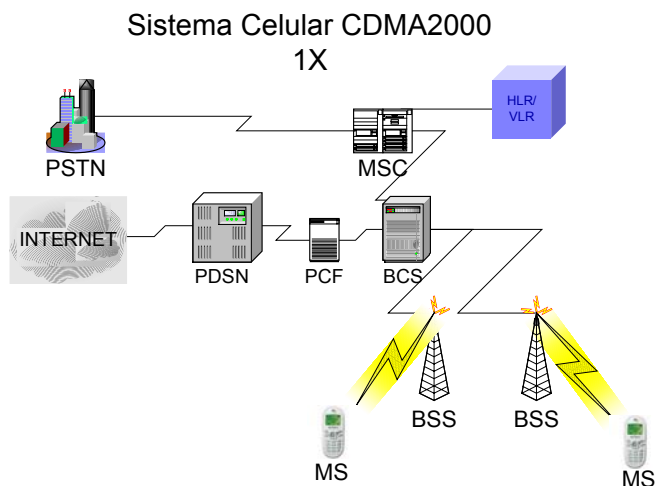
1.4.8 HA

Es el encargado de localizar al MS que esta haciendo uso de los servicios de IP estos móviles se mueven de una zona a otra y es parte del servidor AAA. Un HA (*Home Agent*) es un agente ruteador de móviles que hacen uso de la red; el HA se asegura que los paquetes enviados a un móvil en particular sean recibidos por el móvil que corresponde.

1.4.9 FA

Trabaja en conjunto con el HA para dirigir el tráfico de *Internet* hacia un dispositivo conectado al *Internet* desde cualquier otra locación en la red local. Se debe tener claro que el FA (*Foreign Agent*) y el HA son parte del servidor AAA.

5. Sistema celular CDMA 2000 1X.

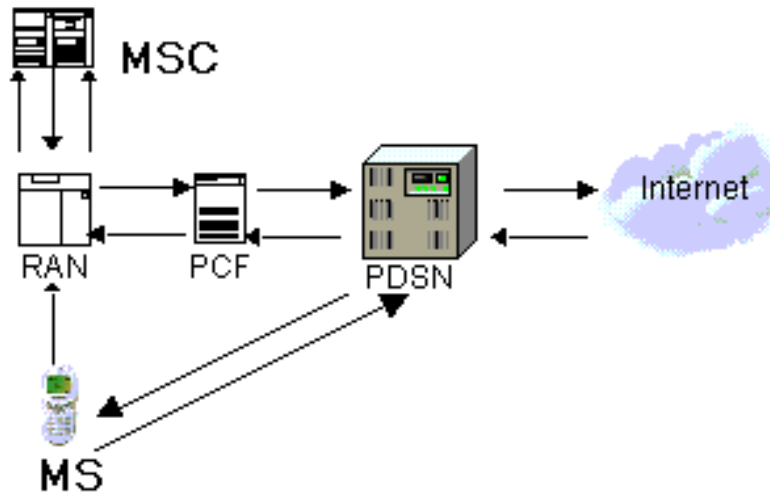


Un ejemplo de manejo de paquetes, es el siguiente:

Como primer caso se presenta a continuación, el marcado de un número telefónico, entonces el MS envía un mensaje requiriendo el servicio de datos al BSC. El BSC envía un mensaje al MSC solicitando la autorización de tráfico para el canal de llamada. Si es autorizada la llamada, el MSC le envía un mensaje al BSC con instrucciones de asignar los canales correspondientes al móvil, además de esta instrucción lleva información de señalizaciones para la comunicación entre el BSS y el

PCF y del PCF a PDSN, con lo cuál se inicia una sesión de datos punto a punto entre el PDSN y el móvil dando como resultado una conexión a *Internet*.

6. Proceso de servicio de datos en el sistema CDMA 2000 1X.



1.5 EVDO para CDMA 2000 1X

El sistema CDMA 2000 1XEV-DO se puede implementar sobre una plataforma CDMA 2000 1X, pues como se verá mas adelante existen unas pocas diferencias entre el primer sistema mencionado y el segundo. Si se tiene instalada una red CDMA 2000 1X por lo regular solo se necesita una actualización de software y nuevas tarjetas para el hardware del BSS, BSC y el MSC. Normalmente soporta ambas tecnologías sin necesidad de actualización. Existe también un dispositivo llamado PCF que tiene una función similar que CDMA 2000 1X con algunas funciones adicionales.

1.6 Servicios y aplicaciones

En esta sección se analizara los servicios y aplicaciones de la telefonía celular inalámbrica de tercera generación, particularmente de CDMA 2000 1XEV-DO. Para que se pueda dar servicios y aplicaciones confiables en los sistemas inalámbricos

deben cumplir ciertos requerimientos importantes los cuales describiremos a continuación:

- Alta tasa de transmisión de datos.
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- Servicios de conmutación de paquetes para tener mayor movilidad sin pérdida de señal.
- Buena capacidad de transmisión de datos.
- La velocidad del movimiento de los terminales puede variar desde cero (usuarios fijos) hasta valores muy elevados.
- Ínter cambiabilidad del mayor número posible de servicios en el acceso a redes fijas.
- Procedimientos de validación, autenticación para un acceso seguro.

1.6.1 Servicios

El servicio se puede definir como el estar empleado por otro debido a los requerimientos para realizar un fin común. Los servicios se pueden clasificar en tres tipos los cuales describiremos a continuación:

1.6.1.1 Servicios móviles

Proporcionan información de posición a los usuarios autorizados.

1.6.1.2 Servicios interactivos

Este tipo de servicio es regulado por el propietario del móvil pues el decide el grado de interacción que sus necesidades implican. Hemos dividido en tres categorías las cuales son:

- **Conversacionales**, Es la comunicación en tiempo real entre usuarios o entre un usuario y la base de datos.
- **Mensajería**, Son aquellos escritos como correo electrónico, mensajes cortos, mensajes largos.

- **Consulta y almacenamiento**, Este tipo de servicio es polifacético pues en el se puede consultar información desde una LAN privada, o bien una WAN (*Wide Access network*) y archivar datos en un centro de información.

1.6.1.3 Servicios de distribución

Proporcionan información que se distribuye desde una fuente central a un número limitado de receptores autorizados.

Se debe tomar en cuenta que los servicios obtenidos por el móvil estarán en función de la capacidad de su terminal, la serie de servicios a que esté abonado les ofrezca por parte de su operador de red.

1.6.2 Aplicaciones

Una aplicación es hacer uso de los principios o procedimientos que le son propios para alcanzar un fin determinado, en otras palabras una aplicación se alcanza por medio del uso de un servicio. En la telefonía celular inalámbrica de tercera generación se provee una gran variedad de servicios de los cuales podemos hacer uso para diversos fines. Se dividirá las aplicaciones de acuerdo al tipo de servicio que se emplea para obtener dicha aplicación.

1.6.2.1 Aplicaciones móviles

Son utilizadas en la localización de uno o varios móviles y se podrá visualizar en un mapa la ubicación de dichos móviles.

1.6.2.2 Aplicaciones interactivas

Son las aplicaciones que llaman mas la atención al mercado pues, dentro de estas aplicaciones podemos mencionar, reproductor de música MP3, navegación por *Internet*, fotografías, correo electrónico, etc.

1.6.2.3 Aplicaciones de distribución

Esta aplicación es mas especializada pues, pueden ser aplicadas solamente a cierto grupo o grupos entre sí, por ejemplo el ingreso a *intranets*, redes locales, operaciones bancarias, notificaciones, etc.

2 OPERACIÓN DEL SISTEMA EVDO

2.1 Introducción a la telefonía CDMA2000 1XEV-DO

Este es un sistema de tercera generación que tiene como objetivo proveer un servicio adicional al que ya ofrece la telefonía celular. Este sistema está enfocado hacia el transporte de datos como *Internet* pero ofrece la movilidad al usuario pues es inalámbrico.

2.2 Características principales de CDMA2000 1XEV-DO

El sistema CDMA 2000 1XEV-DO, está basado en HDR (*High Data Rate*), con lo cual se optimiza la entrega de datos a alta velocidad para equipos de comunicación móviles y fijos. El sistema CDMA2000 1XEV-DO, es un sistema que se puede describir en los siguientes términos de forma general; este sistema optimiza la transmisión aérea de datos a una alta tasa de velocidad entre terminales fijas y terminales móviles. Consta de un canal dedicado por cada portadora de 1.25Mhz. El modelo de CDMA2000 1XEV-DO, está compuesto por las siguientes partes:

- AN, que es la red de acceso.
- AN AAA, es el encargado de autorizar, autenticar además de contar a los suscriptores activos de Internet.
- AT, es la terminal de acceso; esta puede ser fija o móvil.
- PCF, su función principal es llevar el control de paquetes.
- PDSN, es el nodo por el cual comunica toda la información de Internet y lo relacionado con el ruteo de los datos.

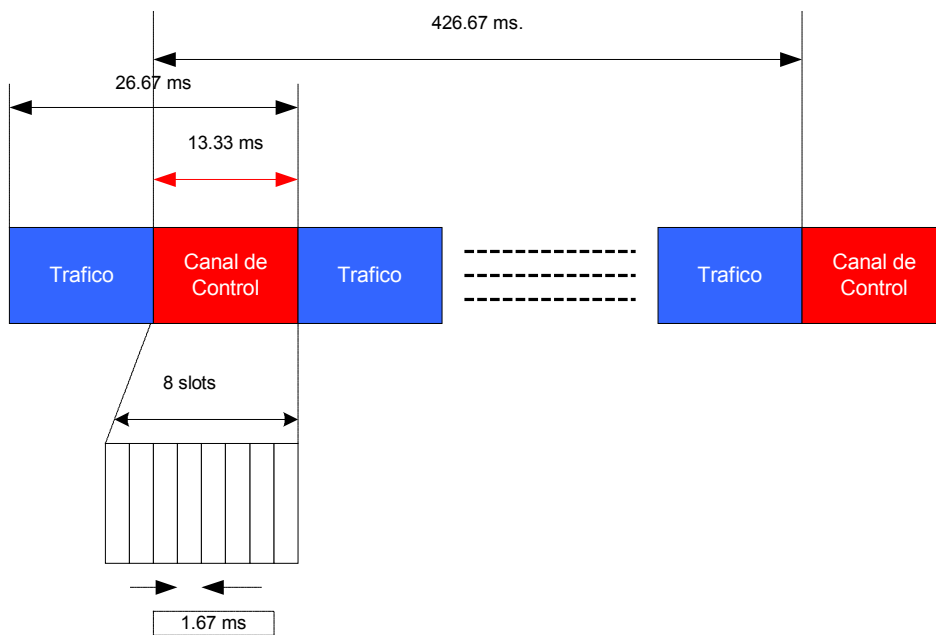
2.3 Estructura de los canales de transmisión CDMA 2000 1XEV-DO

El canal directo CDMA 2000 1XEV-DO, está dividido en sub-canales que transmiten paquetes de datos relativamente grandes comparados con los paquetes transmitidos por el sistema IS-95. La transmisión de paquetes de datos grandes incrementa la

eficiencia en la transmisión de datos. El canal directo transmite a máxima potencia, ya que se utiliza la técnica de división en el tiempo. El tamaño de paquete transmitido es de 26.67ms, donde se dividen en ranuras de 1.67ms.

En la siguiente figura siete muestra la estructura del canal directo CDMA 2000 1XEV-DO, la cual esta divide en tramas y ranuras. Esta figura siete también muestra que el canal a su vez se divide en sub-canales de tráfico de datos y señalización del sistema ó control. Como podemos observar en la figura siete, se muestra que a cada 13.33ms, se transmite periódicamente el mensaje del canal de control, durante la muestra de trama que en este caso en particular es de 426.67ms.

7. CDMA2000 1XEV-DO canal directo



La estructura del canal reverso es muy similar a él IS-95, pues se transmite por medio de la técnica CDMA. Lo anterior implica que se transmiten simultáneamente un canal piloto junto con los datos que el usuario va transmitir la señal piloto, la cual se usa para ayudar a la decodificación de la señal de datos de acceso.

2.3.1 Codificación del canal

Es el proceso donde se usan uno mas controles y señalización de datos que son combinados para generar un código eficiente de transmisión. El sistema CDMA 2000 1XEV-DO usa varios tipos de canales de codificación que maximiza la confiabilidad de la transmisión de datos mientras minimiza el tamaño del encabezado y agrega la detección y corrección de errores en los bits.

2.3.2 Modulación del sistema de transmisión

Este es el proceso de cambiar la amplitud, frecuencia, o fase de la radio frecuencia de la señal portadora. El sistema CDMA 2000 1XEV-DO, usa una rápida modulación adaptativa para optimizar la velocidad de transmisión de datos disponibles; las velocidades de los datos CDMA 2000 1XEV-DO, van desde 38.4kbps a 2,457.6kbps. Los tipos de modulación que CDMA 2000 1XEV-DO, puede usar son BPSK, QPSK, 8-PSK y 16-QAM y el uso depende si es un enlace directo o bien si es un enlace reverso.

2.4 Operación del sistema CDMA 1XEVDO

Cuenta con cuatro modos de operación los cuales son:

- Modo de Inicialización.
- Modo Desocupado.
- Modo de Asignación o Acceso Inicial.
- Modo de Conexión.
- Modo Inactivo.

Estos modos de operación se observarán mas de cerca de continuación.

2.4.1 Modo de inicialización

Es el proceso donde inicialmente se busca un canal CDMA 2000 1XEV-DO disponible, sincronizado con el sistema y obtiene los parámetros requeridos, que el sistema usa para el acceso y comunicación.

2.4.2 Modo desocupado

El subscriptor durante este modo monitorea diferentes canales de control para adquirir los parámetros del sistema de acceso y así determina si han buscado o recibido una orden o bien un inicio de llamada y empieza una sesión de datos en el terminal de acceso. Después de obtener los parámetros del sistema, el subscriptor continuamente observa los canales de difusión para intercambiar información con el sistema, incluyendo sistemas de identificación e información de acceso. La unidad subscriptora monitorea la red esperando un canal de control o un mensaje de búsqueda. Si una llamada va ser recibida una bandera interna es levantada indicando que la unidad subscriptora esta enterada del modo de acceso, en respuesta a la búsqueda de un canal de tráfico. Si el sistema envía una orden tal como un mensaje de registro entonces una bandera interna es levantada y esta indica que la unidad subscriptora esta intentando acceder a la red, en respuesta a dicha orden. Durante esta fase del modo desocupado el terminal de acceso esta inactivo por lo cual entra al modo de descanso.

2.4.3 Modo de asignación ó acceso inicial

Cuando la terminal de acceso responde a una búsqueda, el sistema hace una llamada o intenta otro tipo de acceso a la red celular, el intento es aleatorio y puede ser de múltiples terminales de acceso que podrían intentar ingresar simultáneamente. Al ingresar simultáneamente pueden ocurrir colisiones o saturación en el sistema, para evitar colisiones se ha desarrollado un procedimiento y consiste que la terminal de acceso debe esperar hasta que se encuentre un canal disponible. Lo primero que hace la terminal de acceso es transmitir un mensaje de requerimiento de acceso a una baja potencia. Se transmite a baja potencia como prueba de acceso o un preámbulo que es seguido por los paquetes de datos del canal de acceso. Esta prueba es usada como para hacerle saber al sistema que se desea la asignación de un canal.

El terminal de acceso esperará una cantidad corta de tiempo para comprobar si la respuesta a la petición es dada, de no ser así el terminal de acceso transmitirá otro mensaje de petición de acceso a un nivel de potencia mayor. Este proceso de

transmitir peticiones cada vez a una mayor potencia es dado hasta que sea respondida la petición por el sistema de no ser así el terminal de acceso es rechazado al llegar a la máxima potencia de transmisión.

2.4.4 Modo de conexión

Al ingresar al modo de conexión, la BTS abre un canal de comunicación con la AT. En el modo de conexión la BTS, controla el terminal acceso durante la sesión de comunicación. Entre las asignaciones que controla la BTS esta el control de potencia, los traslapes, señales de alerta. Después ingresar al modo de conexión la BTS abre un canal de acceso con la AT, entonces la conexión esta abierta y cada paquete que es recibido por la BTS, pueda ser transferido para asignarle una dirección IP y así otra AT que esta conectado se asocia una dirección IP distinta y cuando la transferencia de datos es terminada la dirección IP puede ser re-usada por otra AT.

2.4.5 Modo inactivo

Para optimizar los recursos que posee el sistema CDMA 2000 1XEV-DO, usa este procedimiento llamado Inactivo, en el cual durante periodos de inactividad su función es mantener la dirección IP por el sistema lo cual permite continuar una sesión de comunicación para continuar una transferencia de datos. Existe dos formas de control para el modo inactivo una de ellas es controlado por el usuario y otra controlado por el proveedor de *Internet*. Cuando el dispositivo necesita enviar o recibir información, la conexión es reestablecida.

2.5 Hand-Off CDMA 2000 1XEV-DO

Es cuando un radio móvil en particular esta operando en un canal en particular y es reasignado a un nuevo canal, el cual puede ser un nuevo canal de frecuencia, un nuevo canal de códigos, o un nuevo canal lógico; este proceso de reasignación es a menudo usado para que un subscriptor viaje a través de una red por varias BTS, sin perder la comunicación y esto se hace cambiando la llamada de celda en celda. Existen varios tipos de *hand-off* en CDMA 2000 1XEV-DO, los cuales son:

2.5.1 Hard hand-Off

Es el canal de comunicación que esta en uso en una BTS y el suscriptor se dirige hacia otra BTS pero antes de llegar a la otra BTS el servicio es desconectado.

2.5.2 Soft hand-Off

Es un proceso que mantiene una conexión de comunicación con una BTS, mientras simultáneamente también se comunica con otra o mas BTS.

2.6 Protocolos de comunicación de CDMA2000 1XEV-DO

Los protocolos de comunicación de CDMA 2000 1XEV-DO, consta de siete capas las cuales se mencionan a continuación:

- La Capa de Aplicación, es el enlace aéreo y señalización de aplicaciones.
- La Capa de Flujo, multiplexa las aplicaciones con diferentes cualidades de servicio (QOS).
- Capa De Sesión, es el encargado de la negociación y configuración, además de mantener la sesión abierta de comunicación.
- Capa de Conexión, conecta el enlace aéreo estableciéndolo y manteniéndolo.
- Capa de Seguridad, autentifica y encripta los servicios y así provee la seguridad y confidencialidad necesaria a los usuarios.
- Capa MAC, es el encargado de hacer los procedimientos necesarios para la recepción y transmisión de la capa física.
- Capa física, especifica parámetros como la frecuencia, potencia de transmisión, estructura del canal, decodificación y demodulación.

2.6.1 Capa física

La capa física tiene que ver lo relacionado a la transmisión del flujo de bits sobre un medio físico, es la encargada de especificar parámetros tales como:

- Frecuencia .
- Potencia de transmisión .

- Estructura del canales de transmisión.
- Decodificación.
- Modulación.

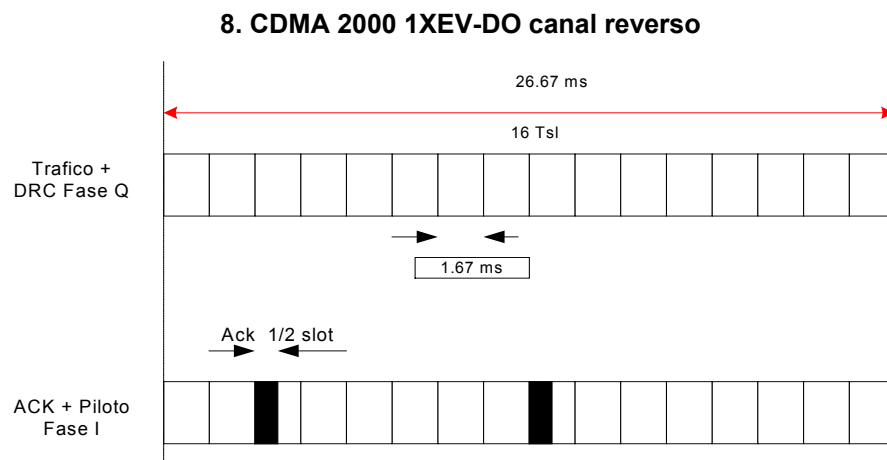
La capa física recibe datos para la transmisión de las partes físicas del sistema y convertir esto dentro de formato físico conveniente para la transmisión para un dispositivo a través de la red.

El sistema CDMA 2000 1XEV-DO, usa una banda de frecuencias muy variada entre las cuales podemos mencionar PCS, TACS, JTACS, PCS Corean, NMT-450, IMT-2000, DCS-1800, GSM, SMR-900, PAMR-400, PAMR-800.

2.6.1.1 Estructura del canal reverso

El canal reverso de CDMA 2000 1XEV-DO, esta compuesto por dos flujos de información la fase I y la fase Q. La fase I es la que transmite la señal piloto y retorna un valor de velocidad a la cual se debe transmitir, en otras palabras es una señal de reconocimiento.

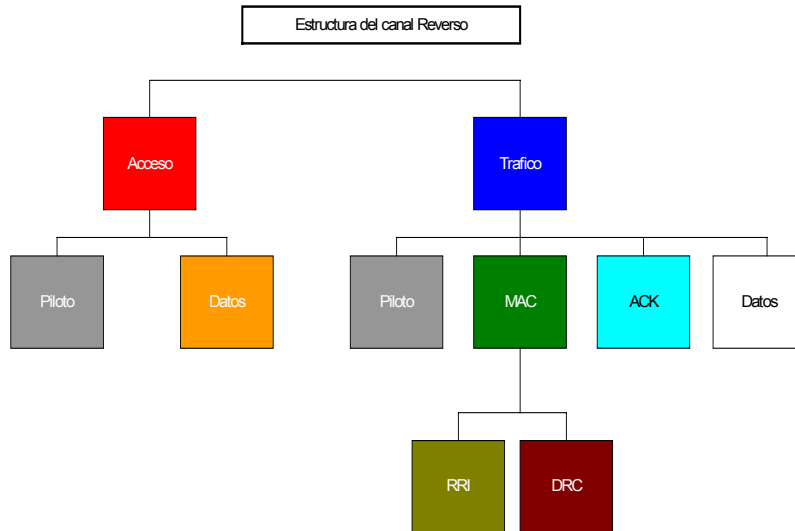
La fase Q es la encargada de transmitir, el tráfico generado por el usuario y el DCR.



Se debe mencionar que el sistema CDMA 2000 1XEV-DO es un sistema asincrónico porque permite asignar diferentes velocidades de transmisión de datos en dirección reversa como en directa.

El canal reverso esta compuesto por los canales de acceso y los canales de tráfico.

9. Estructura del canal reverso



2.6.1.1.1 Estructura de canales de acceso reverso

Son usados por la terminal de acceso para comunicarse con la red de acceso, para asignar un canal de tráfico y se usa un canal de acceso por cada sector de AN. Los cuales son:

- **Canal piloto de acceso reverso**, es transmitida la BTS para ayudar a decodificar coherentemente los mensajes de petición de acceso y otros mensajes inherentes al sistema, además provee la temporización para dicha decodificación.
- **Canal de acceso de datos reverso**, es usado para transmitir un mensaje potador de petición de acceso al sistema.

2.6.1.1.2 Estructura de canales de tráfico reverso

Es el turno de mencionar el canal de tráfico reverso de CDMA 2000 1XEV-DO, que consiste de paquetes de tamaño fijos y las terminales de acceso comparten el radio canal basado en los códigos del canal. El canal de tráfico reverso CDMA 2000 1XEV-DO es muy similar al canal de tráfico reverso IS-95 en donde se usa un código por usuario y estos son transmitidos simultáneamente. La velocidad de transmisión que el

canal reverso CDMA 2000 1XEV-DO va 9.5Kbps hasta 154.6Kbps. El canal de tráfico reverso se divide en el canal piloto, canal MAC, canal ACK, y el canal de datos. Los cuales se verán a continuación:

- **Canal piloto de tráfico reverso**, este canal es transmitido simultáneamente con la señal de datos para ayudar a una BTS, a decodificar la señal de datos utilizando la técnica de modulación de cuadratura en donde de forma regular se transmite el canal piloto en la fase I y los datos en la fase Q.

- **Canal de tráfico de datos reverso**, como su nombre lo indica es usado para portar los datos del usuario de la terminal de acceso a la BTS.

- **Canal de tráfico reverso ACK**, es usado para informar la BTS, si la terminal de acceso ha recibido exitosamente la transferencia de paquetes provenientes del canal de tráfico directo.

- **Canal de tráfico reverso MAC**, este canal provee información a la BTS, como la descripción de la información que esta empezando a transmitirse por la terminal de acceso. Esta información incluye la velocidad de la información que se esta transmitiendo y la información que es usada por la terminal de acceso para determinar la máxima velocidad que la terminal de acceso puede usar basado en la calidad de la señal recibida.

Este canal se subdivide en dos canales mas de información lo cuales son:

- **Canal RRI**, indica la velocidad de los datos que el enlace reverso esta transmitiendo.
- **Canal DCR**, es usado por la terminal de acceso para indicar a la AN, la velocidad de datos que soporta el canal de tráfico directo y así tratar de predecir el SINR y escoger el mejor sector que puede servir a la terminal de acceso.

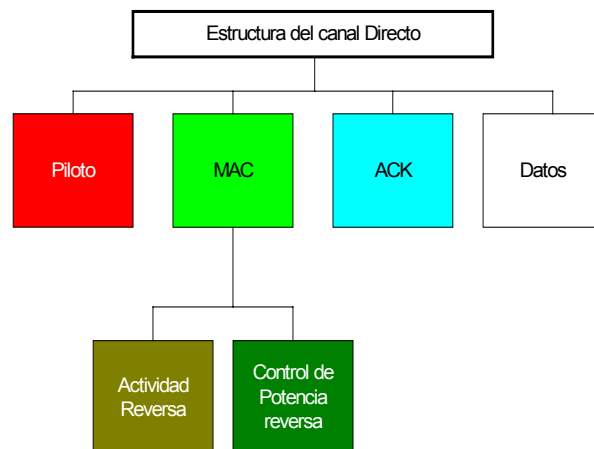
2.6.1.2 Estructura del canal directo

El canal directo del sistema CDMA 2000 1XEV-DO, se caracteriza por transmitir a máxima potencia los datos del usuario en ráfagas de información de forma secuencial por ejemplo si existen dos usuarios estos envían su información utilizando el canal, uno a la vez. El sistema CDMA 2000 1XEV-DO, multiplexa en ocasiones los canales de control directo. Al mencionar los canales de control se incluye el canal piloto, el canal MAC directo y el canal de control directo; aunque se debe mencionar que en el canal de tráfico directo se inserta periódicamente el canal de control.

El canal directo usa tramas de 26.67ms, y cada trama esta dividido en 16 ranuras de 1.67ms, en una ranura puede enviar 2048 bits. Como ya se menciono la señal piloto se transmite en la ráfaga de datos enviados y esto ocurre de la siguiente forma: envía 400 bits de datos seguidamente 64 bits MAC después 96 bits de la piloto y de nuevo 64 bits MAC y al final otras 400 bits de datos totalizando así media ranura de 1.67ms., y se transmite exactamente lo mismo para la otra media ranura.

La velocidad de transmisión puede ir de 38.4Kbps a 2,457Kbps, esta velocidad depende de varios factores como la cantidad de usuario y las condiciones del medio ambiente. El canal de control es transmitido a una rata de transmisión relativamente lenta de 38.4Kbps o bien a 76.8Kbps. En la capa física se divide en los siguientes canales directos:

10. Estructura del canal directo



2.6.1.2.1 Canal piloto directo

Son usados por la AT, para decodificar los datos recibidos y saber la potencia de la señal de la BTS y así determina cual BTS servirá mas eficientemente para la comunicación. Se envía con los datos y se usa la técnica de modulación de TDM.

2.6.1.2.2 Canal de tráfico directo

Son usados para transferir datos y por medio de el, se transmite también el canal de control.

2.6.1.2.3 Canal de control directo

Los mensajes de control deberán ser recibidos por los dispositivos usados en el sistema CDMA 2000 1XEV-DO. Y son usados para enviar mensajes de señalización de la BTS hacia la AT. Este mensaje de control incluye la alerta de la nueva sesión de comunicaciones, asignación de canales y de nuevos parámetros a ser usados.

2.6.1.2.4 Estructura del canal MAC directo

Produce información la AT que es usada para coordinar, establecer la comunicación con el sistema además de proveer el estatus de la actividad del canal.

El canal directo contiene un canal MAC consiste de un canal de control de potencia reversa y un canal de actividad reversa. Los cuales se verán a continuación.

- **Canal de actividad reversa RA**, los bits de actividad reversa son continuamente transmitidos para indicar el estatus de actividad del canal CDMA 2000 1XEV-DO. Informa la AT de la actividad y se puede usar esta información para una mejor coordinación cuando intente acceder al sistema.

- **Canal control de rata de datos DCR**, este es un canal específicamente para la AT que especifica la calidad del enlace reverso.

2.6.1.2.5 Canal de control de potencia reversa RPC

Es usado por la BTS para el control de los niveles de potencia de transmisión de la AT. Este canal su función es de asegurar que los niveles de potencia de transmisión recibidos por la BTS de múltiples ATs.

2.6.2 Capa MAC

La capa MAC provee las reglas que gobiernan las funciones de transmisión y recepción sobre la capa física en otras palabras coordina el acceso entre la AT y la BTS. La capa MAC esta compuesta de uno o mas canales de comunicación que son usados para coordinar el acceso de dispositivos a la red de CDMA 2000 1X-EVDO, formando así un medio de comunicación; el canal MAC, típicamente provee información de la disponibilidad y prioridad de comunicación a los dispositivos que desean acceder al sistema CDMA 2000 1XEV-DO.

La capa MAC esta formado de 4 diferentes protocolos MAC los cuales son:

- Protocolo del Canal de Control MAC.
- Protocolo del Canal de Tráfico Directo MAC.
- Protocolo del Canal de Acceso MAC.
- Protocolo de Canal de Tráfico Reverso MAC.

A continuación se describirá mas acerca de estos protocolos.

2.6.2.1 Protocolo del canal de control MAC

Su función es controlar la transmisión entre la AT y la BTS, agregando el encabezado y encapsulando además agrega un encabezado de la capa de seguridad y un *off-set* para evitar interferencias con otros canales y por ultimo agrega la dirección de la AT a los paquetes.

2.6.2.2 Protocolo del canal de tráfico directo MAC

Es el proceso para enviar paquetes de datos en los canales de tráfico directo. Vale la pena mencionar que el paquete es construido a partir de los paquetes de la capa de seguridad agregando la casilla de la capa MAC. En este canal se puede encontrar que la AT tenga diferentes estados para lo cual la AN esta preparado, los estado son:

- **Estado inactivo**, es cuando la AT no esta asignado en el FTC.
- **Estado de velocidad variable**, el FTC transmite a una rata variable determinada por la AT usando los valores que provee el DCR.
- **Estado de velocidad fija**, la AN transmite a una AT especifico desde un sector a una velocidad fija.

2.6.2.3 Protocolo del canal de acceso MAC.

Es el proceso de enviar mensajes de la AT a la BTS. Entre las funciones que ellos desarrollan es encapsular paquetes, para ello toma el paquete de la capa de seguridad y a partir de tenerlo le agrega delante de dicho paquete el encabezado de la capa MAC después le agrega el campo FCS y por ultimo el relleno para que la trama del paquete sea múltiplos de 232.

Su función principal es enviar una secuencia de mensajes como preámbulo para el acceso. El protocolo del canal de acceso efectúa tres secuencias de prueba de acceso y cada secuencia de prueba de acceso realiza quince intentos aumentando la potencia de forma secuencial de cada intento que realiza. Las pruebas se realizan en un control de lazo abierto. Como las secuencias de pruebas es un proceso largo para evitar la congestión se realizan de forma aleatoria.

Los mensajes que regularmente envía el canal de acceso son relacionados al reconocimiento de la AT y los parámetros más importantes para el acceso al sistema.

2.6.2.4 Protocolo de canal de tráfico reverso MAC

La encapsulación de este canal se realiza a partir de un paquete de la capa de seguridad el cual es agregado a la trama de la capa MAC.

Este canal controla la máxima velocidad que soporta en dirección reversa, la disponibilidad del canal, además este canal dispone de un vector de probabilidad de transición de tráfico que su función es determinar si está o no ocupado el canal, si no está ocupado entonces este canal determina a qué velocidad se transmitirán los datos.

2.6.3 Capa de seguridad

La capa de seguridad es usada para autenticar y así proveer confidencialidad a los suscriptores. Consiste de cuatro protocolos los cuales son:

- Protocolo de seguridad.
- Protocolo de intercambio de claves.
- Protocolo de autenticación.
- Protocolo de encriptación.

2.6.3.1 Protocolo de seguridad

Es usado para intercambiar información confidencial como claves de identificación o el resultado de procesos secretos. En la transmisión provee criptosincronismo usado por la negociación del protocolo de autenticación y el protocolo de encriptación. En la

recepción procesa la criptosincronía usando la información encontrada en los encabezados del protocolo de seguridad.

2.6.3.1.1 Protocolo de intercambio de claves

Este protocolo esta basado en el algoritmo de Diffie-Hellman y los mensajes son intercambiados únicamente cuando la sesión se encuentra la comunicación establecida.

2.6.3.2 Protocolo de autenticación

Este protocolo es necesario para identificar y establecer a un usuario proveyendo el derecho de acceso al sistema.

2.6.3.3 Protocolo de encriptación.

Es usado por la AN y la AT para encriptar el tráfico. La encriptación de CDMA 2000 1XEV-DO únicamente desarrolla encriptación en el radio enlace. El proceso de encriptación comienza cuando toma el paquete que viene de la capa de conexión y realiza un proceso llamado cifrado de texto. El proceso de cifrado consiste en aplicar una función lógica llamada OR EXCLUSIVA al paquete que viene de la capa de conexión junto con la mascara de encriptación teniendo como resultado un paquete de la capa de conexión encriptado. Para la generación de las mascaras de encriptación se usa la criptosincronía. La criptosincronía es usada para identificar el canal que se esta usando, y la sincronización de los tiempos del canal.

2.6.4 Capa de conexión

Su función es la maniobra y ruteo de datos a través de la red, controla el flujo de datos en la red por lo tanto es el encargado de abrir y cerrar una conexión, segmenta o reformatea los paquetes si es necesarios, ejecuta las funciones de control de error al

momento de decodificar las direcciones, prioriza y encapsula los datos recibidos de la capa de sesión y los envía a la capa de seguridad y finalmente en ruta funciones de la red. La capa de conexión esta dirigida al manejo de datos por lo cual es la capa mas compleja de las sietes con que cuenta el sistema CDMA 2000 1XEV-DO; los protocolos que posee la capa de conexión son:

- Protocolo de manejo de enlace aéreo.
- Protocolo de estado de inicialización.
- Protocolo de estado de desocupado.
- Protocolo de estado conectado.
- Protocolo de actualización de rutas.
- Protocolo de consolidación de paquetes.
- Protocolo de mensajes de encabezado.



2.6.4.1 Protocolo de manejo de enlace aéreo.

Es usado para el control del modo de operación. Y supervisa los procedimientos para que la AT adquiera la red del sistema. Además provee los estado de la maquina y las reglas de los estados de transición de la AT y AN. Es el encargado de la activación y desactivación de los protocolos dependiendo del estado que se encuentre el enlace.

El protocolo de manejo del enlace aéreo de la AT tiene los siguientes estados:

- **Estado de inicialización de la AT**, sucede cuando la AT no tiene información acerca del servicio de la AN. La AT en este estado puede seleccionar el servicio de red que le sea mas convenientemente y obtiene los tiempo de sincronización de la red.

- **Estado de espera de la AT**, en este estado la AT ya ha adquirido la red CDMA 2000 1XEV-DO, pero no tiene una conexión con la AN.

- **Estado conectado de la AT**, la AT y la AN están en estado conectado.

Los estado para el protocolo de manejo del enlace aéreo para la AN son:

- **Estado de inicialización de la AN**, su función es activar el modo de inicialización.

- **Estado de espera de la AN**, la conexión es cerrada y activa el modo del estado de espera.

- **Estado conectado de la AN**, la conexión es abierta y activa el modo del estado de conexión.

2.6.4.2 Protocolo de estado de inicialización por defecto

Es usado para reunir la información necesaria que usa la AT para identificar y sincronizarse con el sistema CDMA 2000 1XEV-DO. Como la AT intenta iniciar la comunicación debe de operar en los siguientes estados:

- **Estado inactivo**, espera el comando de activación del protocolo de manejo del enlace aéreo.
- **Estado de determinación de red**, en este estado la AT selecciona el canal de CDMA para adquirir la red.
- **Estado de adquisición de señal piloto**, en esta parte la AT sintoniza el canal de CDMA que tiene la señal piloto mas fuerte.
- **Estado de sincronización**, es el encargado de comprender el mensaje de sincronización que trae el canal de control. Es necesario aclarar que el mensaje de sincronización lo difunde la AN por medio del canal de control.

2.6.4.3 Protocolo de estado desocupado

Este protocolo es usado después de que la AT ha adquirido el sistema, este protocolo no transmite información se utiliza únicamente para el cambio de modos de la AT y para el control de potencia. Este protocolo opera en cuatro diferentes estado los cuales son:

- **Estado inactivo**, es cuando no existe actividad por parte de la AT.
- **Estado desocupado**, se utiliza para reducir la potencia consumida por la AT y para el monitoreo que hace el canal de control.
- **Estado de monitoreo**, en este estado la AT monitorea los mensajes del canal seleccionado CDMA y puede recibir búsquedas así como transmitir a través de los canales de acceso.
- **Estado de sistema de conexión**, se usa para iniciar una conexión, dicha conexión se puede iniciar de forma normal la AT o bien la puede iniciar la AN a petición de otro subscriptor.

2.6.4.4 Protocolo de Estado Conectado

Provee procedimientos y mensajes usados por la AT y la AN mientras una conexión este abierta.

2.6.4.5 Protocolo de actualización de rutas

Este protocolo es el encargado de aplicar los procedimientos y proveer los mensajes usados por la AT y la AN informan a la AN la ubicación aproximada de la AT pues debido a que la AT se mueve entre diferentes áreas de cobertura es posible que se pierda el radio enlace en cada cambio de BTS. Este protocolo se asegura que la AT este usando la señal piloto mas fuerte que este disponible y no este usando la señal piloto mas débil.

2.6.4.6 Protocolo de consolidación de paquetes

Es el proceso de reagrupamiento de secuencias de paquetes concordando con su sesión de comunicación o la calidad de servicio.

2.6.4.7 Protocolo de mensajes de encabezado

Es usado para ayudar en la obtención y distribución de mensajes de control.

2.6.5 Capa de sesión

Se encarga de establecer una transmisión entre puntos finales. Recibe los requerimientos para la transmisión desde de la capa de aplicación y los convierte en formatos de datos que son transmitidos hacia su punto final. Coordina todos los controles de la sesión de comunicación como manejo de retransmisión y solicitudes de reinicio.

La capa de sesión contiene protocolos necesarios para la negociación de una sesión entre la AT y la AN. Una sesión es una forma de estado mantenida entre la AT y la AN

que mantiene un intercambio de información; La capa de sesión posee varios protocolos para el manejo de la sesión de comunicación los cuales son:

- Protocolo de manejo de sesión.
- Protocolo de manejo de direcciones.
- Protocolo de configuración de sesión.

2.6.5.1 Protocolo de manejo de sesión

Coordina los medios para la activación de una sesión de comunicación además este protocolo se asegura que la sesión sea aun valida y se encarga de administrar el cierre de las sesiones de comunicación.

2.6.5.2 Protocolo de manejo de direcciones

Coordina la asignación, conservación y disponibilidad de direcciones de los dispositivos de acceso terminal. Entre las funciones que realiza este protocolo es la asignación de las direcciones iniciales para los dispositivos de terminal de acceso, enseguida define la sub-red a la cual va pertenecer basado en el lugar de cobertura que se encuentre el dispositivo de la terminal de acceso, y por ultimo define la mascara de la red, que va ser usada por el canal de tráfico reverso y el canal de acceso.

2.6.5.3 Protocolo de configuración de sesión

Es usado para negociar e inicializar los protocolos que son manejados por la sesión de comunicación. La negociación se puede realizar de dos formas las cuales son:

- **La negociación iniciada por la AT**, Es cuando la AT inicia el intercambio de información; esta información es usada para la negociación de los protocolos propios del sistema, así como la negociación de algunos parámetros.
- **La negociación iniciada por la AN**, es cuando la AN inicia el intercambio de información de valores usados para los protocolos de negociación.

2.6.6 Capa de flujo

Es usado para ayudar en la identificación y manejos de diferentes tipos de flujo de información a través de diferentes capas. Múltiplexa diferentes aplicaciones para una terminal de acceso. Provee la señalización de diferentes aplicaciones además etiqueta diferentes aplicaciones con diferentes calidades de servicio.

La capa de flujo recibe los paquetes enviados por la capa de aplicación y son agregado al encabezado de la capa de flujo el cual tiene una longitud de 2 bits dicho encabezado.

2.6.7 Capa de aplicación

La capa de aplicación coordina el manejo de la información entre que el usuario final y el dispositivo de comunicación. Las capa de aplicación usa varios protocolos para coordinar el flujo de información para las aplicaciones de los usuarios. La capa de aplicación consiste de dos aplicaciones, las cuales son:

- Aplicación de señalización.
- Paquetes de aplicación.

2.6.7.1 Aplicación de señalización por defecto

Esta aplicación se encarga del transporte de mensajes y a su vez se divide en el protocolo de señalización de red y el protocolo de señalización de enlace. Los cuales se verán a continuación:

- **Protocolo de señalización de red**, controla todo lo relacionado con la transmisión de los mensajes de control de señalización que son usados por los diferentes protocolos del sistema CDMA 2000 1XEV-DO.

- **Protocolo de señalización de enlace**, provee mecanismos de fragmentación y son usados cuando sean necesarios, maneja el transporte de mensajes específicos de control sobre un enlace específicos, además confirma mensajes de recepción para una transmisión confiable.

2.6.7.2 Paquetes de aplicación por defecto

Provee un flujo de octetos que son usados para portar información entre la AT y la AN. Transporta los datos del usuario y a su vez se divide en el protocolo de control de flujo, el protocolo de radio enlace y finalmente el protocolo de actualización de ubicación

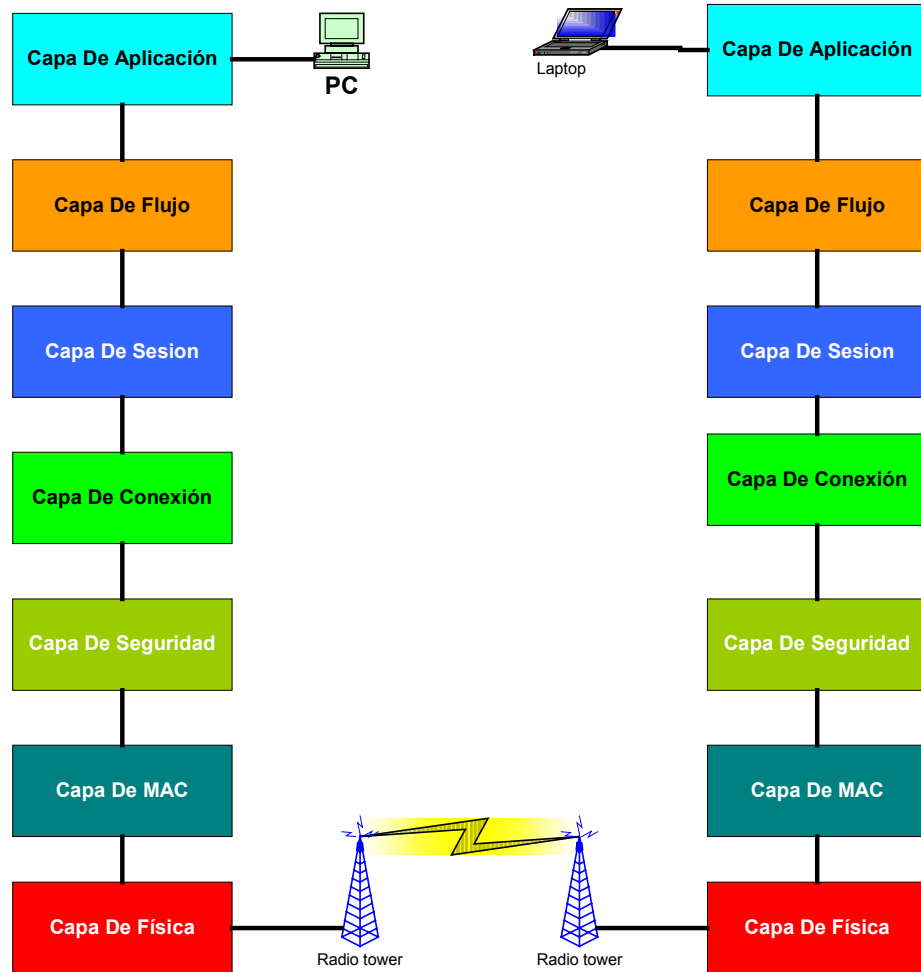
- **Protocolo de radio enlace**, coordina todo lo relacionado a la radio transmisión de paquetes y provee retransmisión y detección de paquetes duplicados reduciendo así el BER del radio enlace.

- **Protocolo de actualización de ubicación**, provee la ubicación actualizada de la AT para que el sistema CDMA 2000 1XEV-DO, y esta enterado continuamente de la posición de la AT.

- **Protocolo control de flujo**, provee los procedimientos y mensajes que son usados por la AT y la AN para el control del flujo de los paquetes de la capa de aplicación.

12. Capas del sistema CDMA 2000 1XEV-DO

Capas de CDMA2000 1XEV-DO



3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CDMA2000 1XEV-DO

Para discutir acerca de las ventajas y desventajas del sistema CDMA2000 1XEV-DO se deben mencionar y conocer otros sistemas adicionales tales como los que a continuación se verán en este capítulo.

3.1 DSL

La tecnología DSL es una tecnología utilizada como ultima milla es usada para la conexión de estaciones de distribución de telefonía y datos para casas o bien oficinas. El DSL es un sistema que esta en conexión continua porque usa dos alambre de cobre, dedicados para el enlace sin utilizar el teléfono como si lo hace un MODEM. Existen dos tecnologías en DSL para el suscriptor y son:

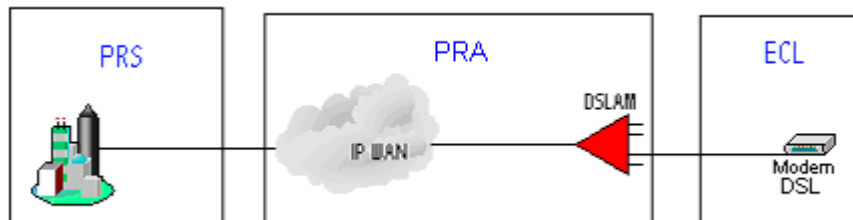
- ADSL.
- SDSL.

3.1.1 Arquitectura del DSL

Una arquitectura típica de un sistema punto a punto DSL esta compuesto por tres partes las cuales son:

- Equipo de cliente local (ECL).
- Proveedor de la red de acceso (PRA).
- Proveedor de la red de servicio (PRS).

13. Sistema DSL



3.1.1.1 El proveedor de la red de acceso

Es el encargado de proveer conectividad entre el cliente que utiliza este equipo de ultima milla y el proveedor de servicio.

3.1.1.2 El proveedor de la red servicio

Es el encargado de dar el soporte para el cliente lo cual incluye el MODEM DSL, el DSLAM.

El sistema DSL normalmente usa también un DSLAM que es el responsable de proveer conectividad directa por medio líneas de cobre con el MODEM del cliente DSL y es el encargado de concentrar el tráfico dentro de portadores de alta capacidad para su posterior transporte a través de la red WAN

3.1.1.3 Equipo de cliente local

El MODEM DSL, provee normalmente interfaces Ethernet RJ-45 para la conexión del cliente final. Los modelo mas viejos de MODEM DSL solo utilizaban ATM, pero los mas nuevos utilizan también protocolos de acceso como PPPoE (*Point To Point Over Ethernet*). La red de acceso es de cobre y consta de un par de alambres entorchados que va del distribuidor principal de trama localizado en el nodo central hacia al usuario final. Dependiendo de la calidad del cable, y su longitud además del nivel de interferencia eléctrica que presente la misma, la máxima velocidad que puede alcanzar en bits por segundo a través del par de cables de cobre es de aproximadamente de 1Mbps hasta 7Mbps para ADSL y de 1Mbps a 25Mbps para VDSL.

3.1.2 ADSL

El ADSL (*Asynchrony Digital Subscriber Line*) es una tecnología digital asimétrica de transmisión de datos puede desarrollar velocidades de recepción de datos que van de

144kbps hasta 7Mbps en los equipos mas modernos y en la transmisión de datos puede obtener velocidades que van de 16Kbps hasta 640Kbps.

3.1.3 SDSL

El SDSL (*Synchrony Digital Subscriber Line*) es una tecnología digital simétrica de transmisión de datos. Como su nombre lo indica las velocidades que desarrolla de transmisión de datos va de 64Kbps a 3Mbps en velocidades de transmisión como de recepción. Esta tecnología es mas aplicada para datos y no es usada para la voz.

3.2 WIFI

Es un sistema que esta definido por la IEEE con el estándar 802.11b y el 802.11g, y fue diseñado para redes locales como lo dicen sus siglas en ingles LAN, el WIFI fue la primera norma inalámbrica creada por la IEEE y su objetivo principal es proveer conectividad ethernet de banda ancha de 10Mbps hasta 54Mbps, sin utilizar el cableado estructurado tradicional. Fue diseñado para ambientes inalámbricos sin línea vista aunque el alcance de cobertura de señal fuera de aproximadamente 15mts. o bien con línea vista teniendo un alcance mayor.

Existen varios ISP en el mercado, que utilizan radios WIFI, que están basado en las misma normas de la IEEE (802.11b y 802.11g) pero con un rango de cobertura mayor de hasta 2km, sin línea vista y 7km con línea vista. Debido a esta modificación en la norma 802.11, que utiliza este tipo de radios WIFI , pueden ser utilizados como equipo de ultima milla para subscriptores de Internet o para transporte de otro tipo de datos. El usar radios WIFI como equipo de ultima milla representa una gran ventaja con relación a lo que respecta costos de instalación pues el usuario de Internet solamente tiene invertir en una antena inalámbrica que soporte el estándar 802.11 de la IEEE para tener conectividad. El desarrollo de la tecnología en Wi-Fi y Ethernet para adaptarse a los cambios en las redes de datos. Esto incluye mejor seguridad (encriptación), redes virtuales, y soporte básico para servicios de voz.

La desventaja se encuentra en el hecho de que este tipo de radios WIFI son sumamente costosos para el ISP.

3.3 WiPLL

Es un sistema inalámbrico llamado como en sus siglas en ingles *Wireless Internet Protocol Local Loop*, esta basado en la modulación OFDM, y es utilizado como equipo de ultima milla. El sistema trabaja a frecuencias que van desde 2Ghz a 6Ghz, la interfaz que provee es Ethernet y el ancho de banda van desde 64kbps hasta 4Mbps por sector, el rango de cobertura es de aproximadamente 20Km, y tiene una gran variedad de aplicaciones pues soporta al igual que el WIFI, calidad de servicio, redes virtuales y gran cantidad de aplicaciones como puede ser la voz sobre IP, Dhcp, etcétera. La arquitectura de este sistema esta compuesta de la siguiente forma:

- Estación base.
- Subscriptor.
- Centro de operaciones.

3.3.1 Estación base

Es la interfaz entre el subscriptor y la red de transporte de datos alambrica. La estación base esta compuesta de las siguientes unidades:

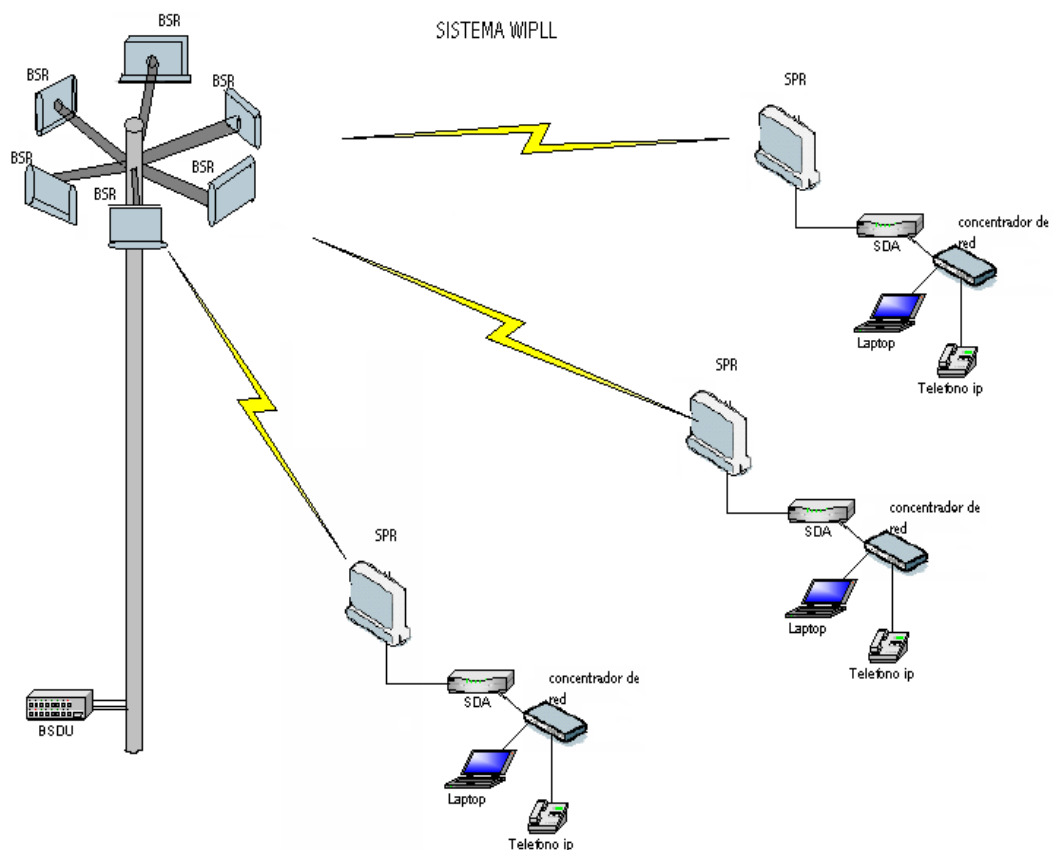
- BSDU.
- BSR.
- SDA.

3.3.1.1 BSDU

El BSDU es básicamente un concentrador de red *ethernet* y es la unidad de distribución de la estación base y su función principal es de proveer conectividad a los diferentes SPR que están en uso en la celda con la red de transporte de datos.

También es el encargado de proveer de energía eléctrica a los BSR que estén en el conectados. Soporta un máximo de seis BSR conectados al mismo tiempo, pero una estación base puede soportar como máximo 4 BSDUs conectados al mismo tiempo.

14. Sistema de ultima milla inalámbrico WipLL completo.



3.3.1.2 BRS

El BSR (*Base Station Radio*) es una unidad de radio externa, regularmente instalada en una pared o bien en una torre de transmisión en la parte superior para proveer conectividad a la mayor parte de suscriptores con la estación base.

La radio estación base de este sistema puede trabajar a frecuencias que van desde dos a 6Ghz, el tipo de modulación que este sistema usa es el OFDM. La modulación OFDM esta basado en el uso de varias frecuencias, por ejemplo en un rango de 300Mhz a 330Mhz, puede hacer uso de las frecuencias 300Mhz, 303Mhz, 306Mhz, 309Mhz, 312Mhz, 315Mhz, 318Mhz, 321Mhz, 324Mhz, 327Mhz, 330Mhz, la antena transmisora, envía los datos en estas frecuencias y va transmitiendo con la misma secuencia de saltos en frecuencia y la antena receptora debe tener también la misma secuencia de saltos en frecuencia como la antena transmisora, de no suceder la sincronización de saltos en frecuencia, la transmisión no será completada.

Como se puede ver una de las grandes desventajas de este sistema es el espectro que ocupa no es el optimo, pues no se hace el uso adecuado de ello.

La radio estación base es una antena punto-multipunto y tiene un rango de cobertura 60° y un alcance aproximado de 20Km, el sistema puede soportar aproximadamente 125 suscriptores como máximo pero ofrece una ancho de banda efectivo de 4.1Mbps *half-duplex* dividido dentro de los 125 suscriptores. El sistema es para estaciones fijas, y necesita línea vista con el suscriptor.

3.3.1.3 SDA

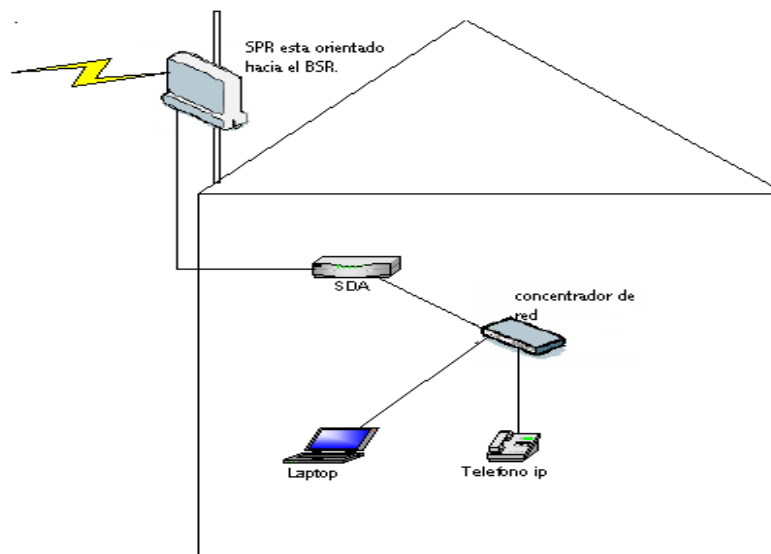
El SDA (*Subscriber Data Adapter*) es regularmente instalado en el suscriptor pero también puede ser instalado en la estación base para conectar un solo BSR.

3.3.2 Estación subscriptora

El subscriptor es el sitio remoto al cual se desea el enlace de datos. Consiste de un radio transreceptor que recibe y transmite señales de la estación base. El subscriptor usa los siguientes dispositivos:

- SPR.
- SDA.

15. Sitio del subscriptor con el equipo instalado.



3.3.2.1 SPR

El SPR (*Subscriber Premises Radio*) es la parte externa del radio transreceptor y es instalado en el cliente como se observa en la figura 14, el radio subscriptor debe de tener línea vista con la BSR. El SPR es el encargado de proveer el enlace inalámbrico al subscriptor con la estación base.

El SPR tiene un alcance máximo de aproximadamente 20Km, y debe de usar la misma tabla de saltos de frecuencia que la BSR, para que exista una comunicación sin pérdidas pues su forma de modulación es OFDM también. SPR significa radio suscriptor de premisas.

3.3.2.2 SDA

Sus siglas significan suscriptor adaptador de datos y es el encargado de proveer el voltaje al SPR. También tiene la interfaz ethernet para la conexión IP del equipo inalámbrico con la PC suscriptora.

3.3.3 Centro de operaciones

El centro de operaciones es el encargado de monitorear la red entera de equipos instalados. Cada equipo instalado consta de una dirección IP específica con la cual se identifica a dicho equipo esta dirección IP se puede usar también para hacerle cambios remotamente al equipo instalado.

El centro de operaciones también debe de dar soporte a la red de equipos inalámbricos instalados.

3.4 WiMax

El sistema WiMax trabaja en frecuencias que van desde dos a 6Ghz, multiplexado en TDMA (*Time Division Multiplexing Access*) dinámico y provee ancho de banda aproximados a 70Mbps con un área de cobertura de 50 Km., además de no requerir línea vista (*None line-of-sight*) NLOS dependiendo del equipo que se utilice para la transmisión inalámbrica

Existen tres tipos básicos de terminales de acceso para el suscriptor WiMax las cuales son:

- Terminal de acceso fija.
- Terminal de acceso móvil.
- Terminal de acceso portable.

3.4.1 Terminal de acceso fija

Este se puede usar para servicios residenciales el ancho de banda que este proporciona es comparable con el servicio DSL y el cable MODEM, esta terminal fija consta de una unidad externa y una unidad interna.

El usar una unidad interna y una unidad externa es sumamente direccionable y presenta perdidas bajas, además de requerir línea vista entre equipos. Una desventaja que posee el sistema es que la instalación es mas costosa.

3.4.2 Terminal de acceso móvil

Este provee un servicio de acceso móvil al suscriptor Wimax, con la desventaja de que el ancho de banda que provee es menor que en su versión terminal de acceso fija. En este tipo de sistema se debe usar técnicas específicas para aumentar la calidad del enlace. La principal ventaja de este sistema es que es auto-instalable y no es necesaria la línea vista entre el equipo terminal que utiliza el cliente y la estación base. La desventaja de este sistema es el mal direccionamiento de la antena puede provocar perdidas en la transmisión.

3.4.3 Terminal de acceso portable

Este es un servicio muy parecido al WiFi de la norma de la IEEE 802.11b y 802.11g con anchos de banda de hasta 70Mbps. El ancho de banda depende mucho de la

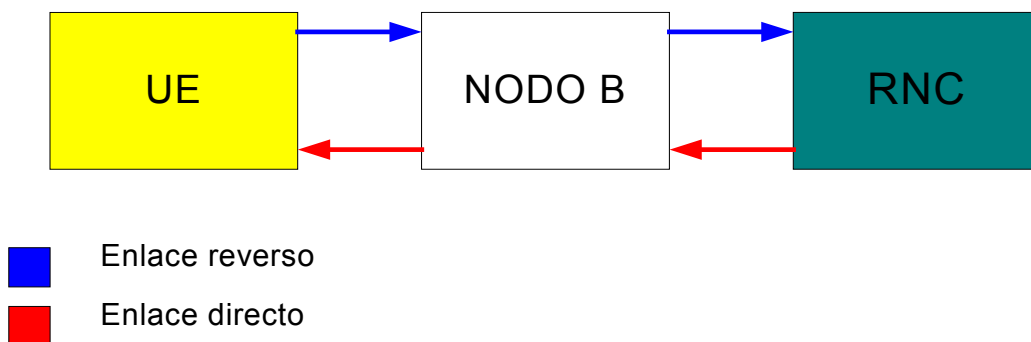
distancia a la cual se encuentre la terminal de acceso. Intel esta trabajando conjuntamente con los precursores de esta tecnología para que las computadoras portátiles sean compatible con WiMax. Entre las ventajas que podemos mencionar de este sistema es que es auto-instalable pues solo utiliza una antena transreceptora que es colocada en la computadora y también trabaja sin línea vista, pero es necesaria una señal de transmisión mas potente.

3.5 HSDPA

El sistema HSDPA, es un paquete de la interfaz aérea UMTS que permite altas velocidades de transmisión de datos además es un sistema de transmisión de datos asimétrico que provee velocidades mucho mas altas en el enlace directo que en el enlace reverso. El sistema HSDPA, es usado para la optimización de transmisión de UMTS, y ofrece servicios de transmisión de video con una alta calidad a una velocidad de 384kbps si se utiliza a UMTS en su versión original, aunque con HSDPA, permite velocidades de hasta 14Mbps. La ventaja de este sistema es que se pueden alcanzar velocidades comparables con las que usan las redes locales. El HSDPA, esta basado en W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) y la arquitectura del sistema HSDPA esta basada en tres partes principales las cuales mencionaremos a continuación,

16. Arquitectura HSDPA

Arquitectura HSDPA



Se comenzará hablando de UMTS o mas bien dicho de W-CDMA para introducir los cambios notorios entre la arquitectura original de UMTS y la arquitectura de HSDPA.

El sistema W-CDMA, usa una ranura de la señal transmitida para el control de potencia permanentemente. Esta cualidad de este sistema de transmisión le permite mantener una excelente señal a la unidad del equipo UMTS, pues la señal de transmisión es modificada de acuerdo a los requerimientos del enlace de la unidad de equipo.

En el sistema HSDPA, la potencia de transmisión es constante y para cumplir con este hecho usa una modulación y codificación adaptativa, como una alternativa al método de control de potencia permanente para mejorar la eficiencia espectral. Típicamente en W-CDMA los paquetes se dirigen al RNC, pero en HSDPA el paquete es dirigido hacia el NODO B, esto hace que el paquete tome una decisión rápida casi instantánea permitiendo así una mejora substancial el tiempo de transmisión. Los sistemas HSDPA usan un método en donde todos los usuarios son servidos de forma secuencial para que todos los usuarios obtengan casi el mismo promedio de asignación de tiempo en el sistema. El sistema HSDPA habilita una alta velocidad de transmisión con un sistema de modulación y codificación adaptativa aunque la velocidad de transmisión de datos en la practica es de acuerdo al estado instantáneo del canal.

El HSDPA usa una recombinación de paquetes que involucra la retransmisión de los mismos paquetes de datos los cuales han sido recibidos con error en el sistema. Aunque únicamente la retransmisión es recibida por el sistema de recombinación, que toma los paquetes retransmitidos recibidos y combina estos paquetes con la señal original de acuerdo a las tramas erróneas que recibió el sistema.

Los principales beneficios del HSDPA que podemos mencionar son:

- Una gran respuesta en servicios interactivos como el Internet, juegos en línea, audio y video esto se da gracias a la velocidad que provee este sistema.

- La movilidad al usuario pues el único requisito de este sistema es que debe estar en el rango de cobertura de la BTS, pues no necesita línea vista.
- La eficiencia al uso del espectro permitiendo así un ahorro económico y espectral para el uso de este sistema.

3.6 Ventajas y desventajas

En este capítulo se a dedicado a estudiar sistemas similares a CDMA2000 1XEV-DO, con la finalidad de observar las ventajas y desventajas de CDMA2000 1XEV-DO y obtener un mas amplio criterio para evaluar la implementación del sistema CDMA2000 1XEV-DO o bien se puede implementar otro sistema similar.

3.6.1 DLS vs. CDMA2000 1XEV-DO

El sistema DSL se dividen en dos partes que son ADSL y SDSL, el mas usado de estos sistemas es ADSL que alcanza velocidades de transmisión que va de 1Mbps hasta 7Mbps, pero con la limitante de que es un sistema alámbrico.

Este es un sistema de ultima milla de bajo costo de implementación pero con rangos de cobertura de dos Km, como máximo los cual no es comparable con lo ofrecido por CDMA2000 1XEV-DO que es de aproximadamente 20KM, aunque con un ancho de banda de 2.4Mps. Mientras que los sistemas DSL ofrece 7Mbps, pero CDMA 2000 1XEV-DO es un sistema inalámbrico y evidentemente mas complicado para su implementación. En la línea de los servicios ADSL ofrece transportar video, este servicio es VDSL que puede desarrollar velocidades de transmisión de hasta 25Mbps.

3.6.2 WIFI vs. CDMA2000 1XEV-DO

El sistema WIFI, esta orientado a proveer conectividad inalámbrica para computaras o bien equipos que tengan compatibilidad con el estándar de la IEEE 802.11, la cobertura aproximada de WIFI es de 100mts. alcanzando una velocidad de transmisión de hasta 54Mbps. Es evidente que este servicio esta orientado a redes LAN por la

poca cobertura que provee y si se compara con los servicios de CDMA2000 1XEV-DO, pues simplemente no hay comparación. Lo que se puede decir que el WIFI cubre otro tipo de necesidad. Aunque en la actualidad existen sistemas de WIFI que tienen rangos de cobertura de hasta 6Km con 10Mbps, de velocidad de transmisión de datos.

3.6.3 WIPLL vs. CDMA2000 1XEV-DO

Este es un sistema diseñado para servicios de conectividad de datos de ultima milla pues su rango de cobertura no es mayor a 20Km y provee conexiones de datos a velocidades de hasta 4Mbps, es una tecnología que se basa en OFDM lo cual implica que el espectro usado es mucho mayor que el que utiliza regularmente CDMA2000 1XEV-DO. El sistema CDMA2000 1XEV-DO usa 1.25Mhz para su portadora, mientras que WIPLL usa 20Mhz. El sistema WIPLL es sumamente simple para su implementación mientras que en CDMA2000 1XEV-DO es un poco mas complicado al momento de implementar pues necesita una BTS de CDMA 2000 1X.

El sistema WIPLL esta diseñado para ser utilizado en frecuencias libres como por ejemplo la 2.4Ghz por tal razón promete un ahorro substancial económicamente pues no es necesario comprar frecuencias licenciadas para instalar este tipo de enlaces de transmisión. Otra desventaja del sistema WipLL es la necesidad de línea vista para el establecimiento de un enlace mientras que en CDMA2000 1XEV-DO no es necesario.

3.6.4 WiMax vs. CDMA2000 1XEV-DO

Como ya se mencionó antes el sistema Wimax es una nueva tecnología que tiene un gran futuro pero le falta por desarrollarse completamente, existen varios servicios proveídos por esta tecnología que son prácticamente los mismo que el de la norma de la IEEE 802.11 con la ventaja de ser inalámbrico de una cobertura mucho mayor y tiene como máximo una cobertura de hasta 50Km, además con una velocidad máxima de 70Mbps, en condiciones ideales para el sistema.

Lo cual resulta abrumador si lo comparamos con CDMA2000 1XEV-DO, que tiene una cobertura de aproximadamente 20Km, con una velocidad de hasta 2.4Mbps, si se tiene las condiciones ideales para el sistema. Pero CDMA2000 1XEV-DO, es un sistema mas sencillo de instalación si se cuenta con un sistema CDMA2000 1X instalado lo cual nos garantiza una implementación rápida del mismo. A continuación se mencionan en forma despectiva algunas de las ventajas y desventajas de Wimax y CDMA2000 1XEV-DO

- El espectro que usa WiMax es de 20Mhz aproximadamente mientras que CDMA2000 1XEV-DO usa 1.25Mhz entonces se puede ahorrar mucho en costos en la compra de espectro.
- Los estándares del sistema WiMax no ha termina de evolucionar.
- La infraestructura que ya esta desarrollada en la línea de CDMA2000 1X, es aun compatible con esta nueva tecnología de CDMA2000 1XEV-DO por lo tanto los costos de instalación de las celdas CDMA2000 1XEV-DO se reducen comparados con WiMax que es una tecnología totalmente nueva.
- El sistema CDMA 2000 1XEV-DO mantiene la compatibilidad con tecnologías mas antiguas como IS-95.
- El sistema WiMax, es una tecnología que promete mucho y se desarrollará rápidamente y posiblemente se mantendrá por mucho tiempo como líder en sistemas inalámbricos de transmisión de datos por las características que presenta a pesar de que nos es compatible con ninguno de sus antecesores.

3.6.5 HSDPA vs. CDMA2000 1XEV-DO

Para tratar de comparar los sistemas CDMA2000 1XEV-DO y HSDPA cabe mencionar que HSDPA (*High Speed Data Packet Access*) no es un sistema como WiMax el cual es toda una nueva generación de sistemas inalámbricos. Si no mas bien es la evolución del sistema de transmisión llamado UMTS que originalmente desarrollaba velocidades de 384Kbps, pero implementado HSDPA sobre el UMTS ya instalado se

alcanzan velocidades de hasta 14Mbps lo cual resulta incluso superior a las velocidades ofrecidas por WIFI con la gran ventaja de tener una cobertura mucho mayor a WIFI.

Un aspecto característico de este sistema es que utiliza un nodo B el cual concentra todos los flujos de paquetes aéreos para distribuirlos de la forma más rápidamente posible. Este sistema tiene también la cualidad de tener una modulación y codificación adaptativa que le permite cambiar de acuerdo a las condiciones del canal.

3.7 Conclusiones

Se ha tratado de cubrir los sistemas que existen en el mercado, presentando sus principales características o peculiaridades que deben tomarse en cuenta para su posible implementación. Se comenzó con el equipo más antiguo de última milla el cual es sistema DSL, siendo un medio de transporte sumamente barato y fácil de instalar. El siguiente sistema que se analizó fue el WIFI el cual por la poca cobertura que presenta de alrededor de 100mts, se puede decir que este es uno de los primeros sistemas inalámbricos pero para redes locales no de última milla; aunque en la actualidad se desarrollaron una variación de WIFI que tiene una cobertura de hasta 6Km, que es muy buena pero no comparable con los 20Km, que provee CDMA2000 1XEV-DO.

En seguida se mencionó WIPLL que es un sistema de última milla muy potente pero con la desventaja de no ser móvil. WIPLL desarrolla velocidades de hasta 4Mbps, con una cobertura de 20Km, como máximo pero son sistemas no móviles que además ocupan un espacio en el espectro considerable, mientras que CDMA2000 1XEV-DO solamente 1.25Mhz.

Una tecnología que promete mucho es WiMax con rangos de cobertura de hasta 50Km, y velocidades que alcanzarán los 70Mbps, además con versiones donde ofrecen la versatilidad de la movilidad para el servicio de conexión de datos. Al mencionar estas características cualquiera escogería esta opción para implementar;

pero la principal desventaja es que esta una tecnología aun no se ha terminado de desarrollar y probar plenamente. Por tal razón es mas confiable la solución que ofrece CDMA2000 1XEV-DO para conexión de datos para móviles.

Y finalmente tenemos el sistema HSDPA, que es la evolución de W-CDMA para la interfaz aérea. En este sistema se alcanzan velocidades sumamente altas tanto como las que ofrece una conexión LAN pero con la ventaja de ser inalámbrico y alcanzar distancias de cobertura mucho mayores.

4 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

4.1 Justificación

El presente análisis se realiza a partir del objetivo principal que es el implementar una red inalámbrica CDMA 2000 1XEV-DO. En la factibilidad se tomará en cuenta los requerimientos de instalación de la red CDMA 2000 1XEV-DO.

El análisis tratará de cubrir los puntos críticos para la implementación de la red CDMA 2000 1XEV-DO, como lo son los puntos en los cuales se tendrá la cobertura de la ciudad capital de Guatemala. Para el análisis de transmisión de radio frecuencia se efectuará de acuerdo los requerimientos de la red disponible pero para este caso se debe de tomar en cuenta que se hará en base a una red CDMA 2000 1X, que se encuentra en funcionamiento.

Para el análisis de transporte se realizarán cálculos de la capacidad de transmisión. Estos cálculos son requeridos para implementar dicha red y es necesario pues de este análisis depende la capacidad de transmisión necesaria que tendrá como punto final el conmutador central y en base a este calculo se conocerá los requerimientos de equipos. Se debe de aclarar que para esta red se hará de acuerdo a los estándares manejados por los documentos de referencias que se utilizaron para hacer este documento. Y finalmente se realizará el diseño de la red completa en donde se aporta el diseño para la red.

La finalidad principal de este capítulo es de realizar el diseño preliminar de la red CDMA 2000 1XEV-DO en base a los requerimientos propios de diseño. El diseño inicial será para 20,000 usuarios.

4.2 Factibilidad técnica

En la factibilidad técnica, se enfatiza en tres puntos principales que son:

- Capacidad de transmisión necesaria para la red.

- Los equipos que se deben instalar para la realización de la red CDMA 2000 1XEV-DO.
- El análisis de transporte de los datos en mención hacia el conmutador central.

4.2.1 Requerimientos de instalación

Para poder estimar los requerimientos de instalación se debe de tomar en cuenta que la red de CDMA 2000 1XEV-DO, se instalará sobre una red CDMA 2000 1X, lo cual implica que los equipos adicionales que se requiere instalar serán equipos relacionados directamente con la red CDMA 2000 1XEV-DO.

Los equipos que se instalarán para el montaje de la red CDMA 2000 1XEV-DO son:

- DOM .
- DO-RNC.
- DO-EMS.
- AN-AAA.

4.2.1.1 DOM

Es un modulo que se agrega a la metro celda de la BTS para habilitar el MODEM de CDMA 2000 1XEV-DO. El *hardware* del DOM puede ser soportado por una red CDMA 2000 1X con cualquier metro celda BTS que contenga un MFRM. El DOM transmite y recibe datos en la banda base del DCG. El MFRM convierte filtra y amplifica la señal de la banda base del DOM para la transmisión de datos.

El DOM codifica y decodifica los paquetes IP que provienen del flujo principal de datos que es transportado al DO-RNC para separar los datos de la red hacia el PDSN. Los paquetes IP y las señales de control son transportados sobre el E1 de la metro celda al DO-RNC.

El DOM se energiza con un voltaje de +24Vdc y –48Vdc. Un DOM soporta tres sectores con una portadora de 1.25Mhz y 93 conexiones simultaneas. Para que un DOM funcione es necesario insertar el modulo en el chasis de la metro celda y descargar el *software* al nodo para habilitar el DOM.

4.2.1.2 DO-RNC

Este equipo es independiente y puede controlar la BTS regularmente esta opera a 800Mhz o 1900Mhz. Se localiza en la central con el BSC y el BSSM. El DO-RNC maneja el estado de la terminal de acceso, *hand-off* y la conexión de los paquetes de datos hacia el PDSN.

El DO-RNC controla los DOMs y las sesiones de las conexiones que se tenga la red CDMA 2000 1XEV-DO, además maneja los estado de espera de las conexiones de los MODEMs conectados.

El DO-RNC envía paquetes entre la conexión del enlace aéreo y el PDSN. Estas son algunas de las funciones que desempeña el DO-RNC:

- Procesamiento de los *hand-off*.
- Selección de los sectores de cobertura de radio frecuencia para localizar a los AT's.
- Recibe el tráfico reverso de los AT's .
- Realiza la transición de activo a dormido para las sesiones de los AT's.

A continuación se describen algunas de las funciones que realiza el DO-RNC para el sistema CDMA 2000 1XEV-DO:

- Maneja la capa de aplicación, flujo, sesión y la capa de conexión.
- El protocolo de radio enlace.
- Tiene el control de conexión del acceso a la red para los AT's.

- Maneja la movilidad de los AT's.
- Realiza la función del manejo de paquetes.
- Controla el flujo de datos.
- Sirve con la interfaz de ingreso de información para el DO-EMS.
- Provee servicios de negociación de canales para los AT's.
- Búsqueda de mensajes del canal de acceso.

4.2.1.3 DO-EMS

El DO-EMS, consiste de *hardware* y *software*. El DO-EMS provee control de operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento del sistema. Existen dos componentes principales los cuales son:

- *Hardware*.
- *Software*.

El *hardware*, se refiere básicamente a la parte física de servidor central de procesamiento. Para que funcione como tal debe ser capaz de realizar ciertas funciones entre las cuales mencionaremos los mas importantes a continuación:

- Manejo de configuración.
- Manejo de seguridad.
- Manejo de fallas.
- Manejo de ejecución.

El *software*, que posee este servidor debe ser capaz de recolectar las alarmas asociadas con el DO-RNC y DOM, así como almacenar el historial de dichas alarmas. También debe de ser capaz de actualizar el *software* con el cual funciona los DO-RNC y los DOMS que están bajo su servicio.

Terminal de manejo DO-EMS, este es una terminal de acceso para los servidores DO-EMS y cuenta con un teclado alfanumérico un ratón y se utiliza para tener un ambiente agradable de trabajo para la red CDMA 2000 1XEV-DO.

Esta terminal de trabajo esta conectado al DO-EMS con los cual debe de contar con todos las funciones OAM&P.

4.2.1.4 Servidor AN-AAA

El servidor AN-AAA se encuentra regularmente en el conmutador central conectado al DO-RNC usando una interfaz A12. Es usado para la autenticación al iniciar la sesión CDMA 2000 1XEV-DO. Entre los beneficios de utilizar un servidor AN-AAA:

- Le provee seguridad a cualquier suscriptor que se encuentra en la red CDMA 2000 1XEV-DO y le prohíbe la el ingreso a la red a cualquier suscriptor no autorizado.
- Utilizando un AN-AAA el DO-RNC puede ser configurado para autenticar los AT's.
- Utilizando un AN-AAA el DO-RNC puede usar el CHAP para la autenticación del AT.

4.2.2 Requerimientos de cobertura y capacidad de transmisión del sistema

Para poder especificar los requerimientos de cobertura se debe de determinar el área que debe cubrir la red inalámbrica CDMA 2000 1XEV-DO. Uno de los principales objetivos de este documento es crear un diseño para poder implementar una red CDMA 2000 1XEV-DO, en la capital y en base a este requerimiento se calculará los equipos necesarios a utilizar en el diseño de dicha red.

En la ciudad capital de Guatemala existe una densidad de población alta por tal razón el diseño de esta red CDMA 2000 1XEV-DO, no se basará en el alcance de cobertura si no mas bien en la capacidad de transmisión de datos. Por ende el número de DOMs

y de DO-RNC pueden entonces ser determinado basado a los requerimientos y expectativas de lo que se desea transportar.

4.2.2.1 Parámetros de cobertura y capacidad

A continuación se mencionará algunos de los parámetros a tomar en cuenta para los cálculos de cobertura y capacidad

- El tiempo que mantiene la conexión el DOM, este dato es importante pues de esto depende la capacidad de procesamiento del DOM.
- Erlangs por usuarios en horas de alto tráfico, este dato es muy importante para el diseño de la red de transporte de datos.

4.2.3 Cálculos de cobertura – capacidad

El calculo de tráfico de la red CDMA 2000 1XEV-DO se basa en el tráfico en donde el suscriptor tiene las horas de ocupación del canal de tráfico mas grandes. Para conocer los Erlangs en las horas de tráfico mas congestionado se utiliza esta estimación:

$$E_{sub} = 0.1 \text{ Erlangs} \quad (4.1)$$

El 0.1 Erlangs proviene del tráfico estimado de experiencias en proyectos anteriores. Se desea que existan aproximadamente 20,000 usuarios en la red de CDMA 2000 1XEV-DO por ende debemos de calcular la cantidad total en Erlangs que utilizará el sistema entero. La cantidad de Erlangs será la siguiente:

$$E_{sis} = E_{sub} * N_{sis} = 0.1 * 20000 = 2000 \text{ Erlangs} \quad (4.2)$$

En la estimación de tráfico en la expresión 4.2, no se consideran los efectos de hand-off para considerar este efecto se debe agregar un 50% mas a la estimación de tráfico de la expresión 4.2. Por lo tanto la cantidad en erlangs utilizado por el sistema por efectos de diseño será de 3000 Erlangs

$$E_{sisD} = 3000 \text{ Erlangs} \quad (4.3)$$

4.2.3.1 Capacidad de transmisión del DOM

El DOM puede trabajar con una portadora que le sirve para transmitir paquetes a nivel de RF por medio de 3 sectores y cada sector soporta aproximadamente 30 MODEMs. Cada conexión requiere un MODEM independientemente de la velocidad de los datos que se desean transmitir. El número de Erlangs por DOM puede ser encontrado por la siguiente expresión:

$$E_{DOM} = \text{Min}(\text{ErlangB}_{-C2E}(N_{Modem_RTC}, \text{PorcentageBloqueoAéreo}))$$

$$E_{DOM} = \text{Min}(\text{ErlangB}_{-C2E}(90,1\%)) \quad (4.4)$$

Lo cual es igual 74.68 Erlangs de acuerdo a la tabla de anexo A pero se aproximará a 75 Erlangs en funcionamiento.

Por convenciones del IS-95 e IS-2000, en el sistema de transmisión, el 1% para el bloqueo de los módems en el enlace aéreo. De acuerdo al anterior enunciado podemos calcular los Erlangs que utilizara el DOM pero también es posible encontrar el número de DOM necesarios en base a los requerimientos de Erlangs por medio de la siguiente expresión:

$$N_{Dom_Erlang} = \text{Entero}(E_{SISD} / E_{DOM}) \quad (4.5)$$

Sustituyendo los resultados de la expresiones 4.3 y 4.4, en la expresión 4.5 obtenemos que el número de DOMs basados en el requerimientos de Erlangs es igual a 40. Por tal razón 40 es el número de DOMs que deberían ser instalados.

Para encontrar la cantidad en erlangs que se deberá transmitir entre el DOM y el DO-RNC se puede aplicar también con la misma cantidad de modems pero con un bloqueo de 0.01% usando también la formula de Erlang B, como se muestra a continuación

$$E_{DOM} = \text{Min}(\text{ErlangB_C2E}(N_{Modem_RTC}, \text{PorcentageBloqueoDOM_DO-RNC}))$$

$$E_{DOM} = \text{Min}(\text{ErlangB_C2E}(90, 0.01\%)) \quad (4.6)$$

El resultado de la expresión 4.5, es de 66.48 Erlangs. Esta cantidad en erlangs son necesarios para poder transmitir los datos de los módems desde el DOM hacia el DO-RNC.

Se debe de tomar en cuenta que cada DOM soporta única y exclusivamente 1 portadora, pero se debe conocer que una BTS del tipo de metro celda es capaz de soportar hasta tres DOMs, lo cual implica que para poder habilitar estos tres DOMs en la metro celda es necesario contar con tres portadoras. Una portadora por cada DOM .

Basado en el párrafo anterior se puede afirmar que el número de DOMs que puede ser desarrollados esta limitado por el número de BTS existentes, lo cual se ve reflejado por la siguiente expresión:

$$N_{DOM_BTS} = \text{Numero_BTS} * \text{Portadoras} \quad (4.7)$$

Donde las portadoras ≤ 3 .

4.2.3.2 Capacidad de transmisión del DO-RNC

El DO-RNC se divide en las siguientes tarjetas para los módulos:

- SC.
- RNSM.
- BIO.

4.2.3.2.1 Capacidad de transmisión del SC

Se empezará con el SC, el cual es el encargado de los sistemas de configuración, almacenamiento y manejo de funciones además de la señalización del PCF. El SC esta diseñado para manejar cierta cantidad de sesiones. La cantidad de sesiones que puede manejar el SC esta dado por la siguiente expresión:

$$N_{SC} = Entero\left(\frac{N_{sis}}{160000}\right) \quad (4.8)$$

lo cual nos da un resultado un número menor que uno. Este resultado se puede interpretar de la siguiente manera:

La tarjeta SC es capaz de mantener un número superior de sesiones a los requerimientos del sistema CDMA 2000 1XEV-DO de 20,000 usuarios. Por tal razón no es necesario instalar otra tarjeta. Con una tarjeta SC se pueden cubrir las necesidades del sistema.

4.2.3.2.2 Capacidad de transmisión del RNSM

El RNSM (*Radio Node Server Module*) es el ente que realiza el procesamiento de las capas de CDMA 2000 1XEV-DO, maneja los recursos del enlace aéreo, controla la movilidad del MODEM y ejecuta la función de la interfaz Abis.

El RNSM esta limitado de las siguiente manera:

- El número de conexiones simultaneas de CDMA 2000 1XEV-DO por tarjeta de RNSM que soporta es de 1500.
- El número de sesiones de CDMA 2000 1XEV-DO que soporta por tarjeta de RNSM es de 20,000.
- El RNSM esta capacitado para soportar 25 DOMs.

Se debe tener en cuenta las limitaciones del RNSM para el diseño de la red CDMA 2000 1XEV-DO.

De acuerdo a las limitaciones anteriormente expuestas se conoce que el número de conexiones simultaneas que soporta un RNSM es de 1500. Por lo tanto se puede conocer los Erlangs que soporta un RNSM basados en conexiones, usando la formula de estimación de Erlangs B como se mostrará a continuación

$$E_{RNSM} = ErlangB(1500,0.01\%) \quad (4.9)$$

Utilizando una calculadora de Erlangs e ingresándole los datos se tiene un resultado 1417.65 erlangs que soporta un RNSM. El dato anterior es importante pues en base a este dato podemos estimar el número de RNSM que es necesario utilizar teniendo como requerimiento los erlangs que se desean transportar. Este calculo se hace en base a la siguiente expresión:

$$N_{RNSM_ERLANG} = \frac{E_{SISD}}{E_{RNSM}} \quad (4.10)$$

Sustituyendo en la expresión 4.9 los resultados de la expresión 4.3 y la expresión 4.8 el resultado obtenido es de 2.11, siendo mayor que dos lo cual indica que se deben de instalar por lo menos tres RNSM para soportar la red de CDMA 2000 1XEV-DO para 20,000 usuarios.

Ahora que se ha determinado la cantidad de RNSM para el sistema en base a las conexiones, se puede hacer el análisis en base a las sesiones que debe de soportar el RNSM.

Para tal análisis se usará el hecho que un RNSM soporta 20,000 sesiones. Por tal razón podemos deducir la siguiente expresión:

$$N_{RNSM_SESION_1XEVDO} = \frac{N_{Sis}}{20,000} \quad (4.11)$$

De antemano se conoce la cantidad de módems en el sistema entero y por eso se substituye este dato en la expresión 4.11 y se puede observar que con un RNSM es suficiente para el sistema entero.

Ya se cuenta con el criterio de los requerimientos de RNSM en base a conexiones y sesiones pero se debe hacer el análisis en base al número de DOMs que soporta un RNSM. Para realizar tal análisis debemos de tomar en cuenta que el número máximo de DOMs es de 25 y la cantidad de DOMs por RNSM esta dado por:

$$N_{RNSM_DOM} = \frac{N_{DOM_ERLANG}}{25} \quad (4.12)$$

El valor de N_{DOM_ERLANG} se obtuvo de la expresión 4.5 entonces se puede substituir en la expresión 4.12, lo cual nos da un valor mayor que uno por ende se deben de utilizar dos RNSM para el sistema CDMA 2000 1XEV-DO.

Teniendo en cuenta los criterios de los cálculos anteriores de los RNSM requeridos es posible concluir que es necesario instalar tres, tarjetas RNSM para el sistema CDMA 2000 1XEV-DO.

4.2.3.2.3 Capacidad de transmisión BIO

La función principal de la tarjeta BIO es de servir de interfaz física entre el PDSN y el DOM por medio de una interfaz ethernet de 100Mbps. El número de tarjetas BIOS requeridos esta dado por la siguiente expresión:

$$N_{BIO} = \frac{N_{RNSM}}{2} \quad (4.13)$$

Se conoce que los RNSM a utilizar son tres, esta cantidad se puede sustituir en la expresión 4.13, y el resultado es mayor que uno, lo que indica que se debe instalar dos tarjetas BIO para manejar las tres tarjetas RNSM.

4.2.4 Análisis de transporte

De acuerdo al análisis anterior podemos afirmar que básicamente el número requerido de DOMs esta basado en tres aspectos los cuales son:

- Los Erlangs consumidos por los DOMs para la red completa.
- La capacidad de transmisión de red. Desde el DOM hacia el DO-RNC .

Un DOM es capaz de recibir cuatro E1s, o bien cuatro T1s, en la conexión y además posee una interfaz *fast-ethernet*. Para conveniencia de implementación se utilizará E1s en este sistema de CDMA 2000 1XEV-DO.

Si se decide utilizar E1s para transporte de datos entre el DOM y el DO-RNC entonces se debe convertir esta interfaz de E1 a una interfaz *fast-ethernet* para que sea compatible con las interfaces que posee el DO-RNC que son las de las tarjetas BIO que en su caso serian dos, interfaces *ethernet*. La interfaz que conecta al DOM con el DO-RNC es llamada Abis. La interfaz Abis es una conexión TCP/IP.

Se debe observar que el 10% del tráfico que circulará entre el DOM y el DO-RNC es de la capa MAC y otro 5%, adicional será para el canal de control.

4.2.5 Diseño preliminar de la red CDMA2000 1XEV-DO para la ciudad de Guatemala

Para planificar la realización de un proyecto es necesario conocer aspectos propios del sistema, por tal razón se empezará exponiendo los aspectos a tratar para el montaje de la red CDMA 2000 1XEV-DO:

- Se iniciará con la visualización del modelo de la red CDMA 2000 1XEV-DO.
- Se debe de determinar el área de la cobertura que se tendrá de la red CDMA 2000 1XEV-DO sobre el valle de la ciudad capital.
- Después de definir la cobertura de la red, se debe definir el tipo de antena a utilizar pues de ello depende los cálculos de cobertura.
- Se debe de definir la forma y el tamaño de la celda de transmisión.

4.2.5.1 Modelo de red

Como se observará en la figura 17, la infraestructura que se utilizará es la de CDMA 2000 1XEV-DO.

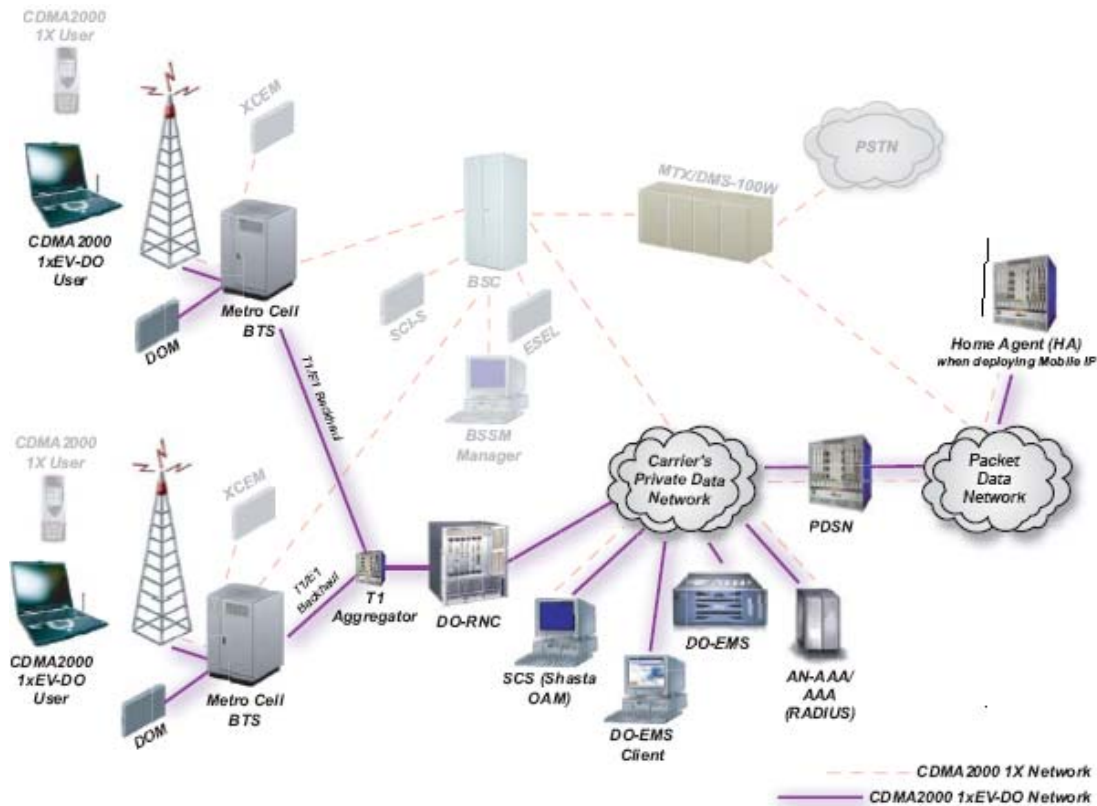
El trabajo que se debe de realizar para el montaje de cada DOM, es de insertar la tarjeta DOM en la BTS y descargarle el *software* para habilitar la tarjeta y ponerla en funcionamiento.

La descarga del software se realiza desde el DO-EMS. El DOM tiene la capacidad de manejar los tres sectores de la celda de CDMA 2000 1XEV-DO.

El sistema CDMA 2000 1XEV-DO, interactúa de muy buena manera con el sistema CDMA 2000 1X, y así aprovecha la infraestructura ya instalada .

Los canales de voz no son afectados por la habilitación de los servicios y aplicaciones del sistema.

17. Modelo del sistema CDMA 2000 1xEV-DO



Fuente: Tutorial de *Nortel Networks Provisionamiento 1xEV-DO*

4.2.5.2 Cobertura del sistema CDMA 2000 1xEV-DO

El área que se dará cobertura por medio de sistema CDMA 2000 1xEV-DO es la ciudad capital de Guatemala enfocándose más en el municipio de Guatemala. Se desea dar cobertura a un área de con latitud de 17Km, y longitud de 18.8Km, dando como resultado un área de 319.6 Km².

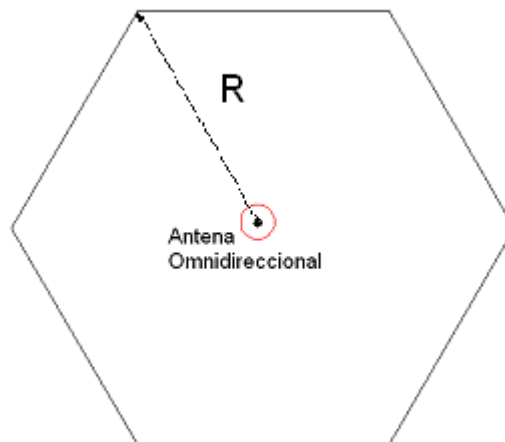
4.2.5.3 Geometría celular

Uno de los principales objetivos del diseño de una red de transmisión en radio frecuencia es minimizar el tamaño de la cantidad de celdas C que es una función de la

portadora y la posible interferencia que sea característico del lugar. Se evaluará básicamente la forma. La cual depende en gran manera de tipo del antena que se utilice para la transmisión en RF. Se evaluará dos tipos de antenas esencialmente la cual es omnidireccional y directivas.

Las antenas omnidireccionales tienen una cobertura circular pero para propósitos de diseño se idealiza en polígonos de forma hexagonal, pues si se utiliza el modelo circular puede existir un solapamiento entre BTS vecinas. El polígono es un hexágono regular de radio R (la longitud de R va desde el centro del mismo hacia el vértice) donde en el centro del hexágono se encuentra la antena omnidireccional.

18. Celda con antena omnidireccional



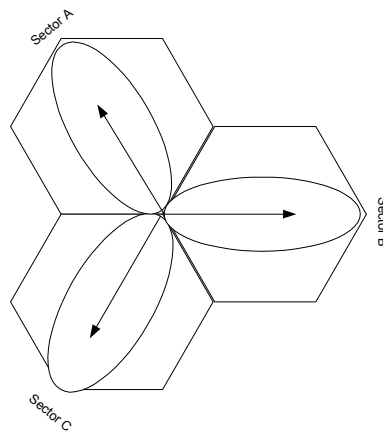
Para el diseño de la red CDMA 2000 1XEV-DO se utilizará antenas direccionales de 120° , de cobertura. Se utilizará este tipo de antenas pues es favorable utilizarlas cuando se pretende obtener una mayor ganancia y son menos sensibles a la interferencia por tal razón se adecuan mejor a las necesidades de cobertura, por ejemplo de un edificio o bien de un entorno urbano como es el caso de la ciudad capital de Guatemala.

Cada superficie cubierta por las antenas direccionables se modelan con hexágonos por esta razón se observa en la figura 19 es posible observar tres hexágonos siendo el origen de la radiación el vértice central donde se unen los tres hexágonos.

Para conocer el área de cobertura se puede utilizar la formula de la superficie de un hexágono. La cual es la siguiente:

$$S_{hexa} = \frac{3\sqrt{3}R^2}{2} \quad (4.14)$$

19. Celda con antenas directivas



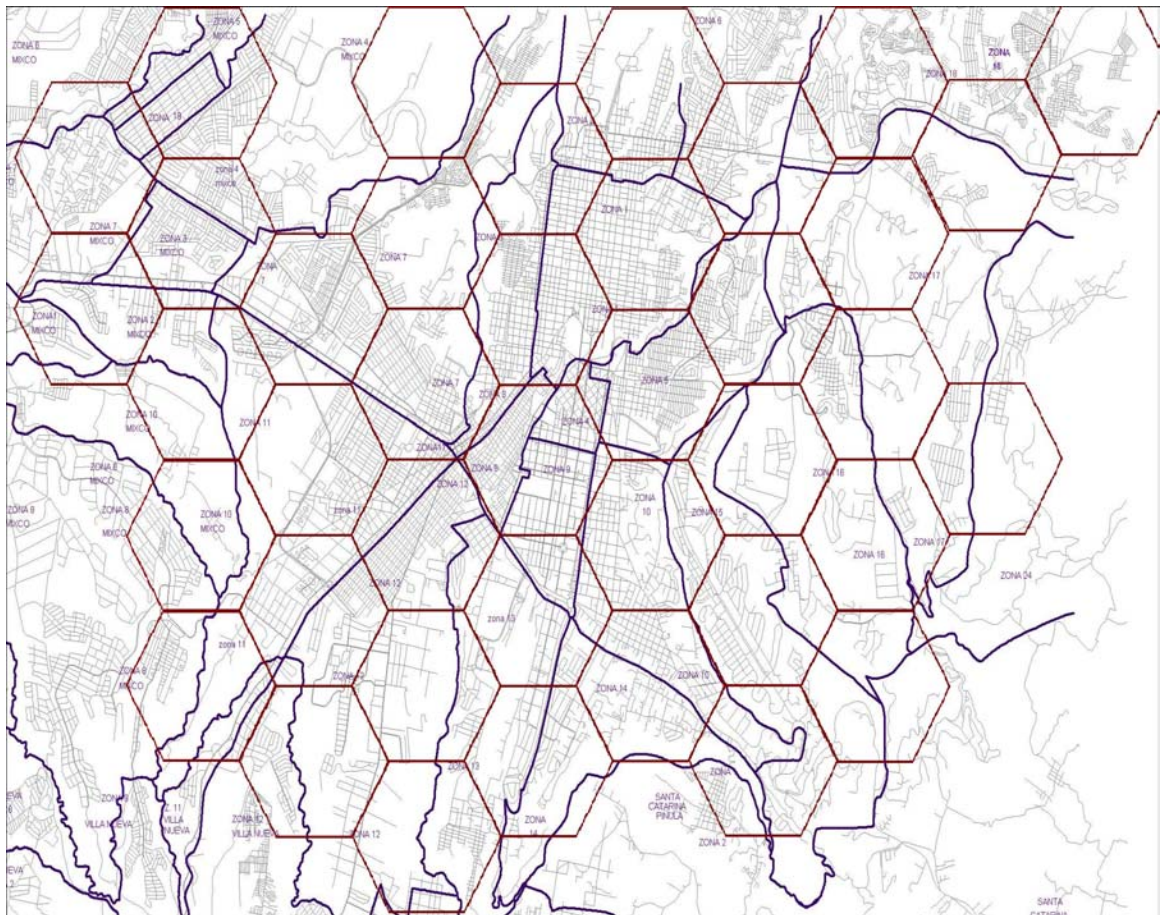
De la expresión 4.14 es posible conocer el valor de R pues se conoce el área total de cobertura.

Se debe de tomar en cuenta que se utilizará 40 DOMs con tres sectores cada uno, lo cual da un resultado de 120 hexágonos y dividiendo el área total que se desea de cobertura se obtiene que el radio R de cada hexágono es de 1.01Km.

Como se observa en la figura 20 se hace una división en celdas el área de la ciudad capital de Guatemala en donde cada celda esta formada por tres sectores. La celda

será capaz de soportar un tráfico 75 erlangs según cálculos anteriores para 90 usuarios por celda. El DOM de cada celda se podrá comunicar por medio de red metro o bien por una red TDM/SDH hacia el DO-RNC. El DO-RNC usará tres tarjetas RNSM para soportar la posible cantidad de conexiones simultaneas además de los 40 DOMs y dos tarjetas BIO para la conexión hacia el PDSN para el monitoreo y configuración se usará DO-EMS el cual lleva una DO-EMS de cliente para su fácil acceso. Todo lo anterior debe de ir acompañado de un servidor AN-AAA para la seguridad del sistema CDMA 2000 1XEV-DO.

20. Cobertura del sistema CDMA 2000 1XEV-DO, en la ciudad capital.



CONCLUSIONES

1. Para poder optimizar los recursos que se encuentran ya instalados de una red de CDMA 2000 1X, se puede realizar la implementación de una red de CDMA 2000 1XEV-DO, para el manejo de datos, pues provee velocidades de transmisión sumamente altas comparadas con las de sistema CDMA 2000 1X.
2. Entre las ventajas expuestas del sistema CDMA 2000 1XEV-DO en la presente trabajo de graduación será la capacidad que posee el usuario de movilidad a través de toda la red sin estar atado a un cable ethernet o bien un MODEM DSL.
3. El sistema de CDMA 2000 1XEV-DO, toma lo mejor de las tecnologías de transmisión digital (TDMA, CDMA 2000 1X), pues para el enlace en reversa utiliza la tecnología de CDMA 1X 2000 y en el enlace directo utiliza la tecnología de TDMA, al utilizar ésta tecnología le provee una mayor velocidad de transmisión al usuario.
4. El sistema de CDMA 2000 1XEV-DO, no necesita línea vista para su implementación. Esta cualidad lo hace muy conveniente para su implementación en lugares de mucha densidad de población.
5. La velocidad de transmisión de sus paquetes depende de la distancia que este el usuario de la BTS y la cantidad de usuarios que se encuentren en la celda.
6. La tecnología de comunicación inalámbrica de CDMA 2000 1XEV-DO esta orientada a servicios de *Internet* por las velocidades que se pueden desarrollar en el enlace directo y en el enlace reverso.

7. La cantidad de equipo que se debe de instalar para la implementación de la red CDMA 2000 1XEV-DO, depende de la cantidad de usuarios que se pretende proveer de servicio de *Internet*.

RECOMENDACIONES

1. Los sistemas de telecomunicaciones se encuentra en constate evolución, por tal razón, se pensaría que la tecnología de punta es la solución para las necesidades del usuario. Pero no siempre la tecnología de punta es la solución mas adecuada. Para saber reconocer cuál será la solución más adecuada para el usuario, se deben de conocer las necesidades del usuario.
2. Si se implementa un sistema de comunicación nuevo, se debe de considerar la compatibilidad con los sistemas de comunicación existentes. Esta consideración se debe de realizar para tener la certeza de no afectar negativamente a los sistemas que se encuentren ya instalados y funcionando.
3. Al momento de implementar una tecnología de comunicación es importante ver en que dirección evoluciona dicha tecnología, para que se mantenga la compatibilidad de la tecnología vieja ya instalada, con la tecnología nueva y así disminuir los inconvenientes causados al usuario por cada cambio de tecnología.
4. Para evaluar si un sistema es factible implementarlo o no se debe realizar un análisis de costos a mediano plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Introducción a CDMA 2000 .Tutorial.** www.cdma2000.com. 2005
2. Lawrenc Harte. **INTRODUCTION TO EVDO.** United States of America: ALTHOS Publishing Inc., 2004.
3. Garg, Vijay. ***Aplications of CDMA in Wireless Personal Communication.*** Boston: Artech House Publisher, 1996.
4. Rahul Chauhan. ***A Walk Through To IS-95A, IS-95B, CDMA-2000 and Call Process.***www.geocities.com/rahulscdmapage/Technical/CDMAPrimer.pdf
5. Andrew S. Tanenbaun. ***Networks of Computer.*** United States of America: Pretince Hall Publish. 1996.
6. Bhanu Srinivas Valluri. Tutorial **Tecnologías eficientes espectrales en 3G para el acceso del paquete.** www.Techonline.com. Oct. 2005.
7. **3G de las Américas.** http://www.3gamericas.org/spanish/technology_center/.
8. **Cite Seer es un sitio de la Nec** .<http://citeseer.nj.nec.com>.
9. Qualcomm Inc. **Tutorial CDMA 2000 1XEV-DO Realease 0.** www.qualcomm.com/about/downloads.html. 2003
10. Nortel Network.**CDMA 2000 1XEV-DO, System Overview Guide.** S.d.e. 2003

11. Evolución e historia de la telefonía celular.

www.ilustrados.com/publicaciones/EpyuZyllpytCnsdaDd.php.15/04/2006

ANEXOS

Tabla de Valores de Erlang B

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N											
	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

