

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE
TELEFONIA MOVIL CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN
CDMA – 1X

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

ALBERTO MAGNO REGALADO OLIVARES

**PROMOCIÓN
2003 - I**

**LIMA – PERU
2006**

**DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TELEFONÍA
MÓVIL CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN CDMA – 1X**

*Dedico este trabajo a:
Mis madre, inspiración plena de lucha y
sacrificio,
Mis Hermanos, por el apoyo incondicional en
mi carrera,*

SUMARIO

El presente trabajo pretende describir la tecnología CDMA, la segunda tecnología mas usada en el mundo, su propia dinámica evolutiva le augura el mantenimiento de esta posición privilegiada y asegura su adaptación a la telefonía de tercera generación como una opción muy segura.

En el capítulo I se ofrece una visión general de teoría CDMA, en ella se explica algunos términos importantes de esta tecnología, adicionalmente una descripción reducida de las otras opciones tecnológicas de la telefonía móvil.

El capítulo II se refiere al análisis de la utilización del espectro radioeléctrico y la capacidad del sistema.

El capítulo III se trata de un tema importantísimo que es procesamiento de la llamada.

El capítulo IV se estudia los canales directos de tráfico, piloto, sincronía y paging.

El capítulo V se estudia los canales inversos de tráfico y canales de acceso.

El capítulo VI trata del control de potencia y registros CDMA.

El capítulo VII trata del proceso de handoff en CDMA.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA TEORIA CDMA

1.1 Objetivos	3
1.2 Acceso Múltiple	3
1.3 Canales	4
1.3.1 FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)	5
1.3.2 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)	5
1.3.3 CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)	6
1.4 Definición de Términos	6
1.4.1 Canal CDMA , portadora CDMA o Frecuencia CDMA	6
1.4.2 Canal de Código CDMA	7
1.5 Principios del Espectro Esparcido	8
1.6 Distinción Entre Canales de Código Directos	10
1.7 Distinción Entre Estaciones Bases	10
1.8 Distinción Entre Canales de Código Inversos	11
1.9 Códigos Walsh	12
1.9.1 Correlación y Ortogonalidad	13
1.9.2 Propiedades de los Códigos Walsh	13
1.10 El Esparcimiento de la Señal Usando Códigos de Walsh	14
1.11 Des – Esparcimiento de la Señal	15

1.12 Secuencias de Short PN	18
1.13 Secuencias de Long PN	19
1.14 Funciones de los Canales Directos	19
1.14.1 Canal Piloto (Pilot)	19
1.14.2 Canal de Sincronía (Sync)	19
1.14.3 Canal de Radiobúsqueda (Paging)	20
1.14.4 Canal de Trafico (Traffic)	20
1.15 Procesos de Codificación en los Canales Directos	20
1.16 Funciones de los Canales Inversos	21
1.16.1 Canales de Trafico	21
1.16.2 Canales de Acceso	22
1.17 Procesos de Codificación en los Canales Inversos CDMA	22
1.18 Codificador de Voz de velocidad variable	23

CAPÍTULO II

UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO Y CAPACIDAD DEL SISTEMA

2.1 Objetivos	24
2.2 Ancho de Banda de la Señal, Vulnerabilidad y Reuso de Frecuencias	24
2.3 Relación entre E_b/N_0 y S/N	27
2.4 Relación Entre E_c/I_0	32
2.5 Traslape (Overlaying) CDMA sobre AMPS	37

CAPÍTULO III

PROCESAMIENTO DE LLAMADA

3.1 Objetivos	46
3.2 Estados del Móvil para el procesamiento de Llamada	46
3.3 Estado de Inicialización del Móvil	47
3.4 Estado de Idle del Móvil	50
3.5 Estado de Acceso al Sistema del Móvil	51
3.6 Estado de Canal de Trafico del Móvil	54

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE LOS CANALES DIRECTOS DE TRAFICO, PILOTO, SINCRONIA Y PAGING

4.1 Objetivos	59
4.2 Canales Directos de Trafico CDMA	60
4.3 Canal Piloto	80
4.4 Canal Sincronía	84
4.5 Canales de Paging	89

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE LOS CANALES INVERSOS DE TRAFICO Y CANALES DE ACCESO

5.1 Objetivos	92
5.2 Canales de Trafico Inversos	92
5.3 Canales de Acceso	100

CAPÍTULO VI

CONTROL DE POTENCIA Y REGISTROS DE CDMA

6.1 Objetivos	108
6.2 Control de Potencia en CDMA	108
6.2.1 Control de Potencia de Loop Abierto	109
6.2.2 Control de Potencia de Loop Cerrado	110
6.2.3 Control de Potencia de Loop Externo	111
6.2.4 Control de Potencia de Canal Directo	112
6.3 Registro CDMA	113
6.3.1 Sistemas y Redes	113
6.3.2 Roaming	115
6.3.3 HLR y VLR	116
6.3.4 Tipos de Registros CDMA	116

CAPÍTULO VII

HANDOFFS CDMA

7.1 Objetivos	121
7.2 Handoffs	121
7.3 Handoffs en CDMA	121
7.3.1 Soft Handoffs	123
7.3.2 Softer Handoffs	124
7.3.3 Inter- System Soft Handoffs (ISSHO)	124
7.3.4 Hard Handoffs CDMA a CDMA	125
7.3.5 Hard Handoffs con unos/varios Pilotos	126

7.3.6 Handoffs CDMA a Análogo (Inter. Sistema)	126
7.4 Lista de Pilotos	127
CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	130

PRÓLOGO

Desde su origen, el hombre es un ser sociable, que se relaciona con sus semejantes mediante mensajes, que le han permitido establecer y organizar sus entornos natural y social, así como su cultura. Los hombres aprendieron a valerse de los gestos y la palabra para comunicarse entre si.

Con la escritura, se posibilita la comunicación a distancia y por esta vía nos han llegado las informaciones cultural e histórica. A los largo de la historia de la humanidad se han ido perfeccionando los sistemas de comunicación, lo que ha permitido la integración de las personas en comunidades, de estas en naciones y de ellas, en ultimo termino, en la sociedad universal.

Estamos asistiendo a una aceleración marcada del proceso de cambio tecnológico, participación intensa en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El desarrollo que caracteriza al sector de las telecomunicaciones es fiel reflejo del gran adelanto que produce el progreso técnico. Este fuerte crecimiento se da en un sector complejo en el que se combinan aspectos diversos que ponen en relieve su carácter estratégico. Por una parte, los servicios de telecomunicaciones constituyen un punto crucial para el desarrollo de la actividad económica de un país en condiciones de competencia, por otra parte, las telecomunicaciones son una herramienta básica para conseguir el desarrollo social y territorial de un país, hoy en día, la equidad social pasa por asegurar la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos y no cabe duda de que las telecomunicaciones juegan en este sentido un papel clave.

Los sistemas de telefonía móvil CDMA, son completas redes telefónicas, lo que las diferencia de otros sistemas móviles que son sistemas de acceso a la red telefónica convencional. Por ello la norma CDMA es muy compleja, con una elevada componente de protocolos y de señalización y gestión.

El sistema CDMA se ha impuesto claramente, como la tecnología dominante para la telefonía móvil de segunda generación a nivel mundial. Su propia dinámica evolutiva le augura el mantenimiento de esta posición privilegiada y asegura su adaptación a las nuevas necesidades móviles de la sociedad de la información, El presente trabajo pretende dar una visión de CDMA como arquitectura de Red, separando los aspectos de señalización y tratamiento de las comunicaciones.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA TEORIA CDMA

1.1 Objetivos

Los objetivos del presente capítulo es dar a conocer las principales generalidades de la teoría CDMA, entre los objetivos más resaltantes del capítulo podemos resaltar los siguientes:

- Definir los Métodos de Acceso Múltiple.
- Describir las diferencias entre CDMA, TDMA, FDMA.
- Explicar las diferencias entre un Canal CDMA (frecuencia o Carrier) y un Canal de Código CDMA.
- Describir el principio de la modulación de espectro esparcido.
- Explicar porque las secuencias de esparcimiento se describen como Pseudoaleatorios.
- Identificar que es lo que actúa como señal portadora en el DS-SS.
- Explicar como se utiliza los Códigos Walsh en CDMA.
- Distinguir entre los códigos Short PN y Long PN.

1.2 Acceso múltiple

El Acceso Múltiple es el uso privado simultáneo de un medio de transmisión por múltiples usuarios independientes.

Desde el comienzo de la telefonía y la radio, los operadores han tratado de colocar la máxima cantidad de tráfico en cada circuito para así logra colocar la mayor cantidad de abonados por un mismo medio de red.

Entre los principales medios tenemos , el par trenzado (cobre), cable coaxial, cable de fibra óptica (la mas explotada últimamente), interfaz aérea (radioseñales).

Ventajas de utilizar acceso múltiple:

- Incremento de capacidad, sirve para mas usuarios.
- Se requiere de menor capital debido a los pocos medios utilizados para cursar trafico (menor capital necesario para implementar una red).
- Decremento de los gastos por usuario por ende mayor ARPU (Average Revenues Per User).
- Facilidad en la operación, mantenimiento y gestión de la red.

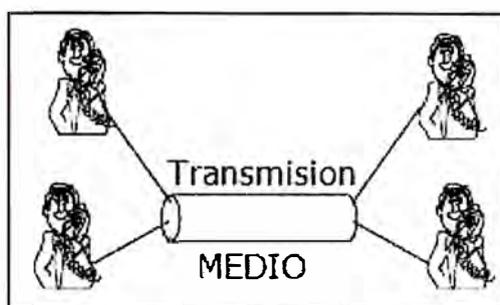


Fig. 1.1 Grafico de un acceso múltiple.

Cada pareja de usuarios tienen un circuito dedicado y privado a través del medio de transmisión sin saber que existen los otros usuarios, por tal cada par de usuarios disfruta de un circuito privado dedicado, a través del medio de transmisión, sin importarles la existencia de otros usuarios.

1.3 Canales

Un canal es un trayecto dedicado y asignado individualmente a través de un medio de transmisión para la información de un usuario.

El medio de transmisión es un recurso que se puede subdividir en canales individuales según criterios diferentes dependiendo de la tecnología usada.

1.3.1 FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)

FDMA cuyo acrónimo en Inglés es el siguiente "Frequency Division Multiple Access" es la manera más antigua de acceso múltiple. Este método usa con poca eficiencia el espectro de frecuencia (recurso muy limitado) debido a que cada usuario ocupa una frecuencia diferente (durante toda la llamada), un canal equivale a una frecuencia.

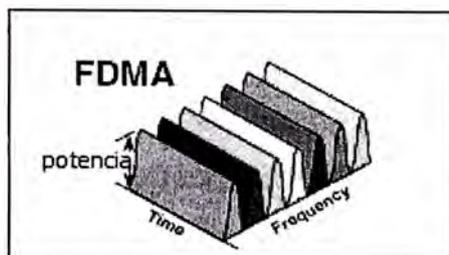


Fig. 1.2 FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)

1.3.2 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

TDMA cuyo acrónimo en Inglés es el siguiente "Time Division Multiple Access", es usado por D-AMPS y GSM, técnica de acceso que mejora la eficiencia de uso del espectro de frecuencia, llegando a triplicar o cuadruplicar la capacidad de FDMA en el mismo espectro, esto debido a que permite a varios usuarios compartir la misma banda de frecuencias, en vez de asignar una banda de frecuencias a un solo usuario, TDMA divide el tiempo en "slots" y comparte el canal entre varios usuarios asignándolos diferentes slots, un canal es una ranura de tiempo específica sobre una frecuencia determinada.

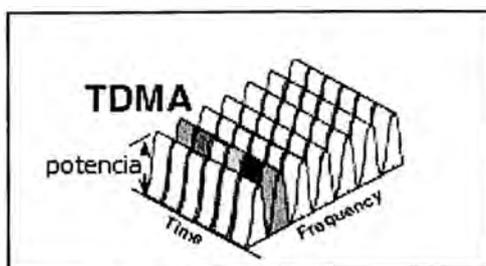


Fig. 1.3 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).

1.3.3 CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)

CDMA cuyo acrónimo en Inglés es el siguiente "Code Division Multiple Access", es una tecnología de modulación de espectro esparcido donde los canales son definidos por códigos matemáticos, y que comparten la misma banda de frecuencia simultáneamente.

CDMA usa la técnica de espectro esparcido para transmitir un numero de conversaciones independientes a través de un segmento de espectro de radio (1.25 MHz).

CDMA fue originalmente desarrollada en la segunda guerra mundial para comunicaciones militares seguras. Hoy en día CDMA ofrece ventajas significativas sobre otras tecnologías celulares analógicas y digitales. La aplicación de CDMA para comunicaciones celulares se encuentra especificada en el estándar IS-95 especificado por la TIA (Telecommunications Industry Standard Association).

Un canal corresponde a un patrón de código único, cada usuario usa la misma frecuencia todo el tiempo, aun mezclados con otros usuarios, estos son distinguidos por patrones de código diferentes.

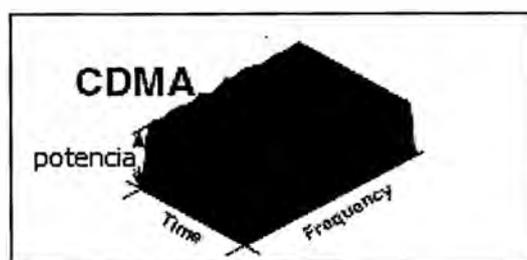


Fig. 1.4 CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)

1.4 Definición de términos

A continuación se definirán algunos términos vitales en CDMA.

1.4.1 Canal CDMA , portadora CDMA o frecuencia CDMA

Son canales Duplex de 1.25MHz de ancho de banda en le espectro electromagnético, uno utilizado para la comunicación entre la Estación Base hacia el Móvil (llamado enlace

directo o Downlink) y el otro sentido Inverso del Móvil hacia la Estación Base (llamado Enlace Inverso o UPLINK).

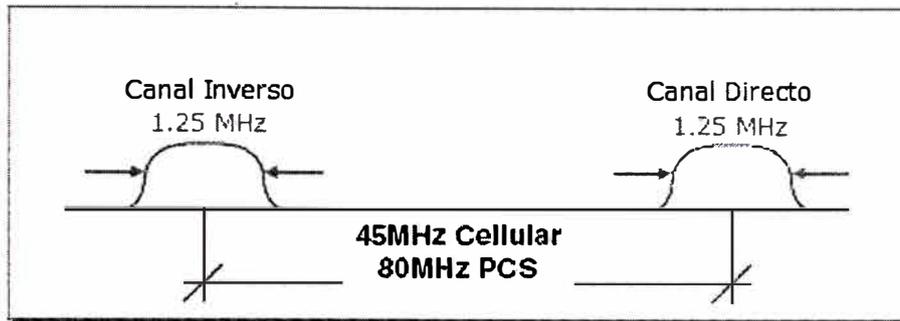


Fig. 1.5 Canales CDMA (directos e inversos)

En la Banda Celular de 800 MHz hay dos bandas de Canales Simplex de 1.25 MHz separados 45 MHz.

En la Banda PCS 1900 MHz están separados 80 MHz.

1.4.2 Canal de código CDMA

Los canales en CDMA por código no son mas que una cadena de 0's y 1's tanto Directos (BTS a Usuario) como Inversos (Usuario a BTS).

Estos canales de código tienen una particularidad de que son, cada uno, únicos debido a que son códigos matemáticos basados en una matriz.

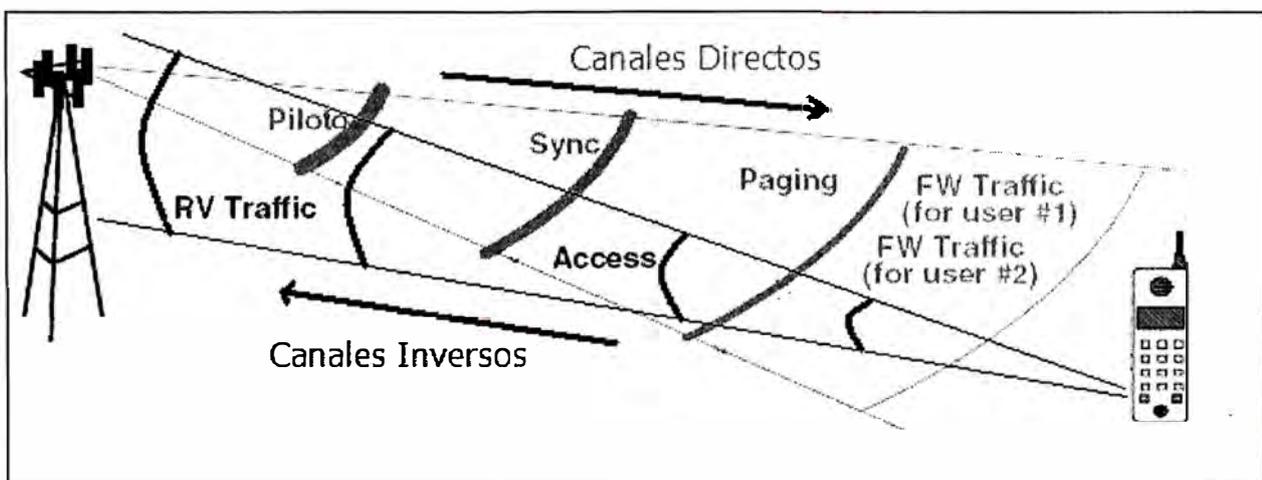


Fig. 1.6 Canal de código CDMA (directos e inversos)

Los canales de código hacia delante o Directos son: Piloto, Sync, Paging y Canales de Trafico Directos.

Los canales de código hacia atrás o Inversos son: Acceso y Canales de Trafico Inversos. Estos canales de código CDMA se desarrollaran en los capítulos siguientes.

1.5 Principios del espectro esparcido

Los sistemas de comunicación de radio tradicionales transmiten la data usando el mínimo ancho de banda requerido (señal de banda estrecha).



Fig. 1.7 Sistema tradicional

El sistema de espectro esparcido mezcla la data que ingresa (banda base) con una secuencia de esparcimiento y transmite una señal de banda ancha.

La secuencia de esparcimiento es independientemente generada en el receptor y mezclada con la señal entrante de banda ancha para recobrar la data original.



Fig. 1.8 Sistema de espectro esparcido.

Cualquier flujo de cadenas de bits se puede combinar y mezclar con una secuencia de esparcimiento.

La señal resultante se puede des-esparcir, y se puede recuperar el flujo de la misma cadena de bits si la secuencia de esparcimiento original corresponde y si aparte es temporizada correctamente.

Después del des-esparcimiento, el flujo de datos originales se recupera intacto.

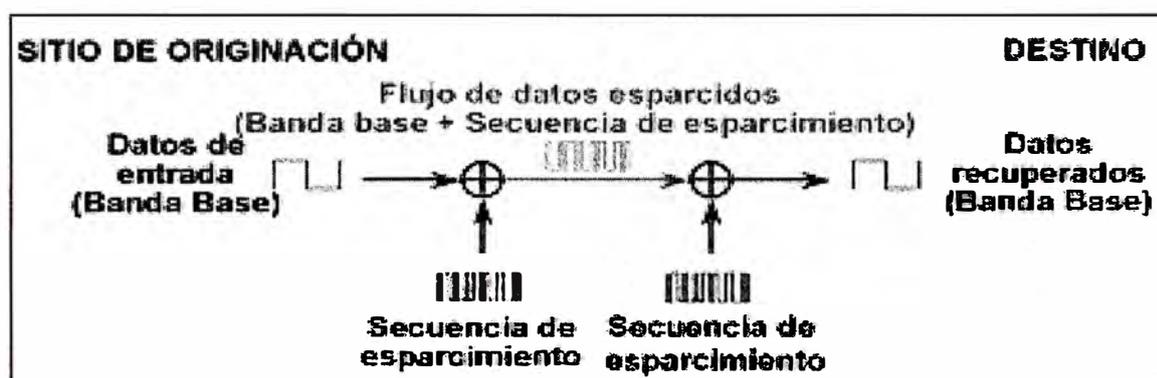


Fig. 1.9 Secuencia de esparcimiento simple.

La secuencia de esparcimiento múltiple se puede aplicar en sucesión y luego se vuelve a aplicar en orden opuesto para recuperar los flujos originales de los datos que no fueron esparcidos. Las secuencias de esparcimiento pueden tener diferentes propiedades.

Todas las secuencias de esparcimiento que se usaron al principio deben estar disponibles con la sincronización correcta en el destino de recuperación.

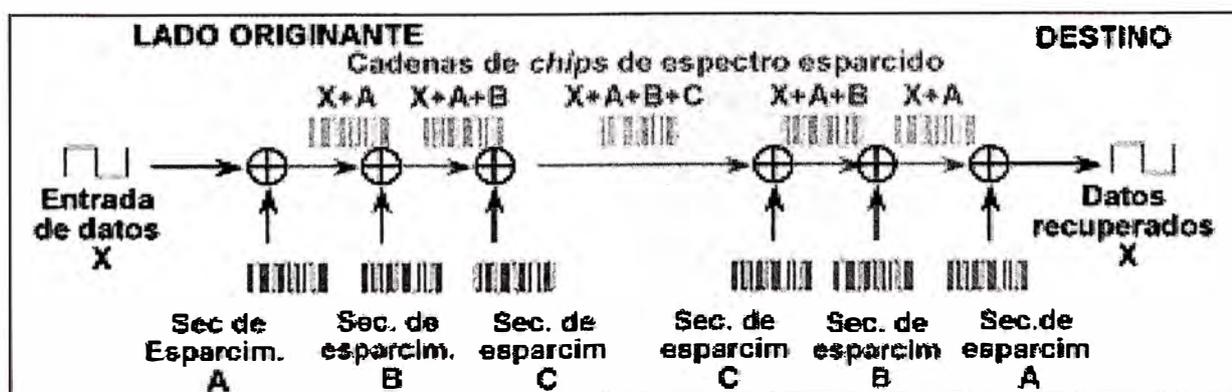


Fig. 1.10 Secuencia de esparcimiento múltiple.

1.6 Distinción entre canales de código directos

Una estación móvil, sintonizada a una frecuencia CDMA específica, recibe un canal CDMA Directo (BTS a Usuario) desde cualquier sector en una estación base.

Este canal CDMA directo envía una señal compuesta porque consta de 64 “canales de código Directos”.

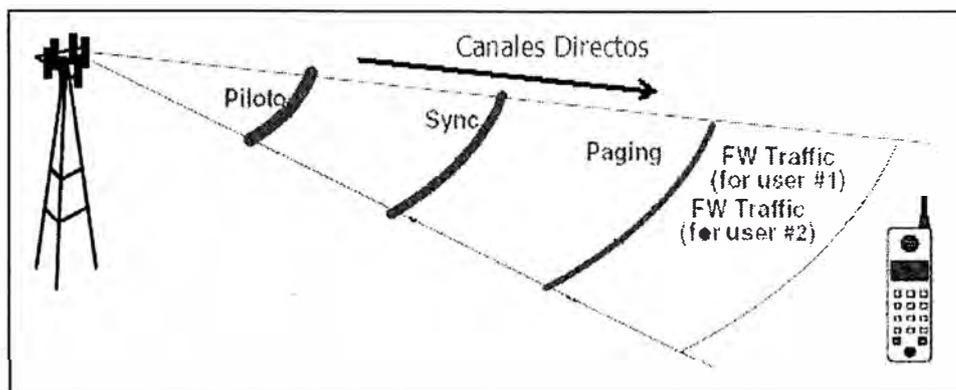


Fig. 1.11 Canales de código directos CDMA.

Algunos de estos canales de código son “canales de tráfico” en tanto que otros son “canales de Encabezado”, necesarios para que el sistema CDMA opere correctamente.

Es necesario un conjunto de 64 códigos matemáticos (lo que hace únicos y exclusivos) para diferenciar los 64 posibles canales de código Directos que se pueden encontrar en un Canal CDMA Directo. Los códigos en este conjunto se denominan “códigos de Walsh”.

1.7 Distinción entre estaciones bases

Una estación móvil está rodeada por estaciones bases, de las cuales todas transmiten en la misma frecuencia de CDMA.

Cada sector de cada estación base transmite un canal de tráfico Directos CDMA que contiene hasta 64 canales específicos de código Directos.

Una estación móvil debe ser capaz de distinguir entre los diferentes sectores de las distintas estaciones bases.

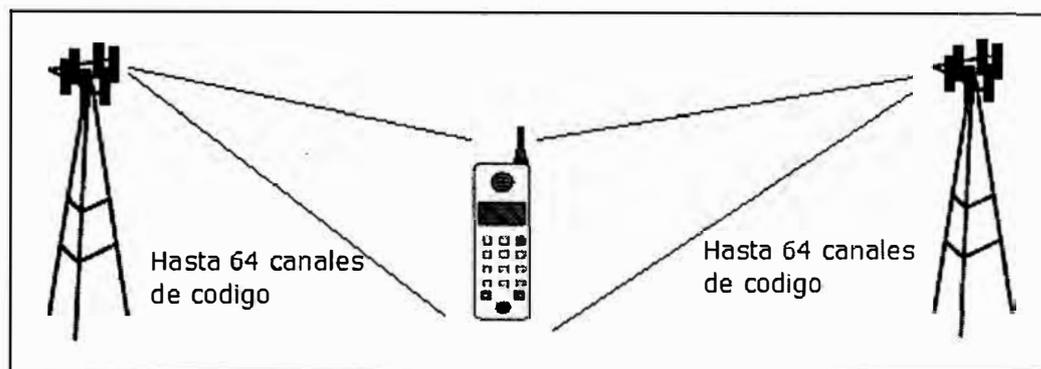


Fig. 1.12 Distinciones entre estaciones bases.

Se definen dos secuencias de dígitos binarios denominadas secuencias de PN cortas I y Q (o códigos de PN cortos) para identificar los sectores de las diferentes estaciones bases.

Estas secuencias de PN cortas se puede usar de 512 maneras diferentes en un sistema CDMA. Cada una de estas constituye un código matemático que se puede usar para identificar un sector específico de una estación base en particular.

1.8 Distinción entre canales de código inversos

El sistema CDMA debe ser capaz de identificar en forma única cada estación móvil que puede intentar comunicarse con una Estación Base.

En el mercado actualmente existe una gran cantidad de estaciones bases.

Se define una secuencia de códigos binarios denominada secuencia de PN Larga (o código de PN largo) para identificar en forma única cada canal de código inverso posible.

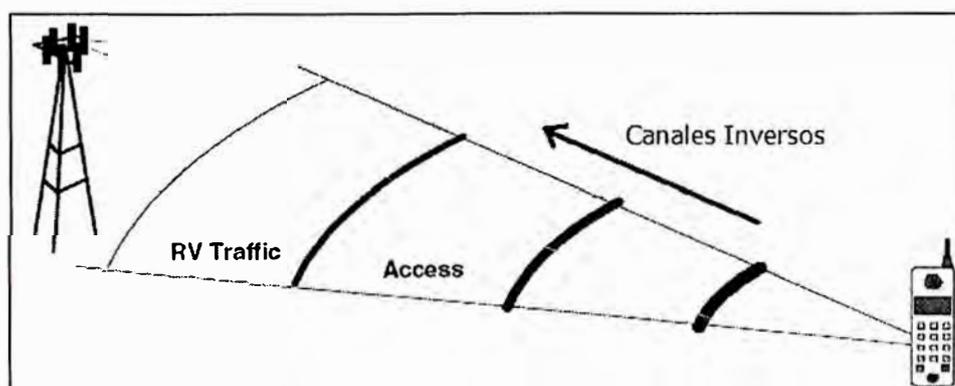


Fig. 1.13 Distinciones entre estaciones bases.

Secuencia muy larga, se puede usar en trillones de maneras diferentes, cada una constituye un código matemático usado para identificar un usuario específico (código largo de usuario) o un “Canal de tráfico inverso de usuario” en particular.

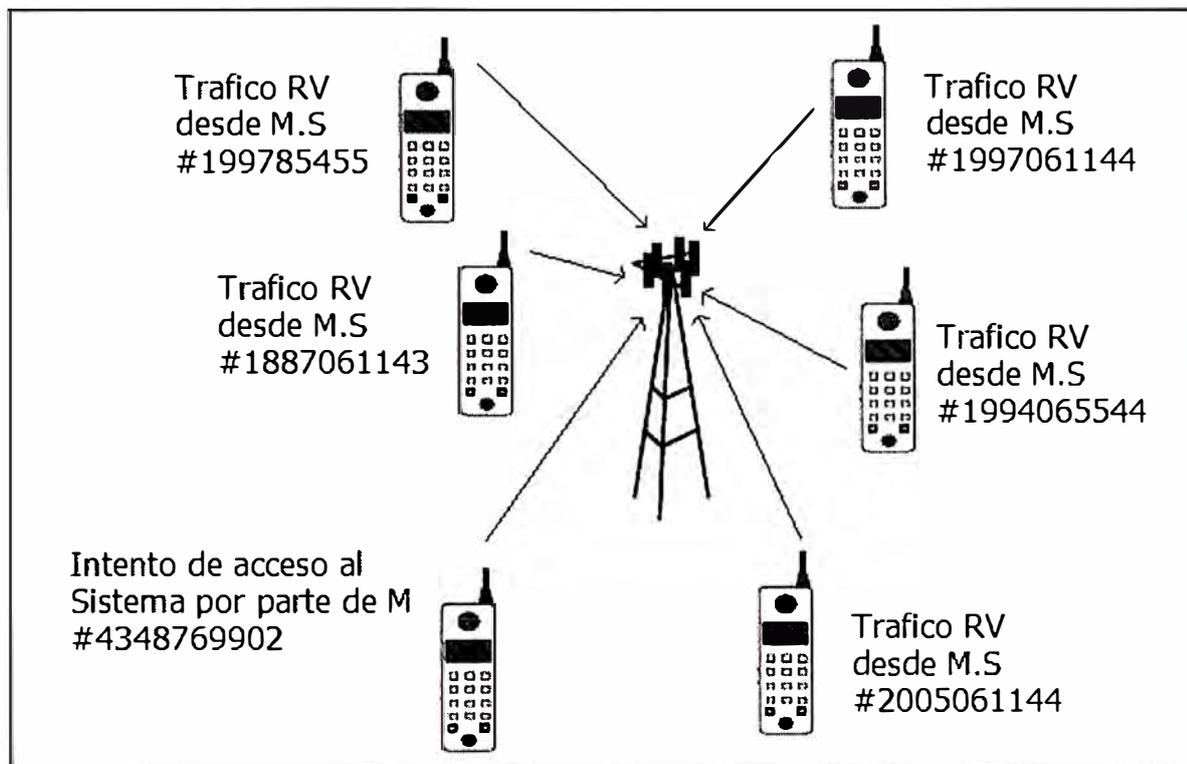


Fig. 1.14 Distinciones entre canales de código inversos.

1.9 Códigos Walsh

Se considera en CDMA 64 secuencias de código, cada una con una longitud de 64 datos (llamado chips), un dato o chip es simplemente un código binario (0 o 1).

Cada código Walsh es ortogonal a todos los demás códigos Walsh. El cual significa que es posible reconocer y por tanto, extraer un código Walsh específico a partir de una combinación de otros códigos Walsh que se eliminan en el proceso.

Dos cadenas binarias de la misma longitud son ortogonales si el resultado de aplicar el operador XOR tiene la misma cantidad de ceros y unos.

Ejemplo de aplicar el operador XOR al código Walsh #23 y el código Walsh #59

```
#23  0110100101101001100101101001011001101001011010011001011010010110
#59  0110011010011001100110011010011010011001100110011001100110011001
XOR  0000111111110000000011111111000011110000000011111111000000001111
```

El XOR del código 23 y 59 da como resultado 32 1's y 32 0's

1.9.1 Correlación y ortogonalidad

La correlación es una medición de la similitud entre dos cadenas binarias.

```
Code #23  0110100101101001100101101001011001101001011010011001011010010110
-(Code #23) 1001011010010110011010010110100110010110100101100110100101101001
Code #59  01100110100110011001100110100110100110010110011001100110011001
```

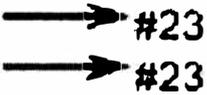
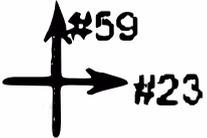
		
PARALELO	ORTOGONAL	ANTIPARALELO
XOR: todos 0's	XOR: mitad 0s mitad 1s	XOR: Todos 1's
Correlacion: 100 % (100% coincidencias)	Correlacion: 0% (50% coincidencia, 50% sin coincidencia)	Correlacion: -100% (100% sin coincidencia)

Fig. 1.15 Correlación y ortogonalidad.

1.9.2 Propiedades de los códigos Walsh

Cuando un código Walsh es XORreado chip por chip consigo mismo, el resultado de la operación XOR serán todos 0's (100% correlación).

Cuando un código Walsh es XORreado chip por chip con su negación lógica, el resultado de la operación XOR es todos 1's (-100% correlación).

Cuando un chip de código Walsh es XORreado chip por chip con cualquier otro código o cualquier otro negado lógicamente, el resultado de la operación XOR es la mitad de 0's y la mitad de 1's (0% de correlación).

La matriz de Walsh tiene la propiedad de que todas las filas son ortogonales entre si y con la negación de estas

Ortogonalidad significa que el producto punto o escalar de dos filas es cero, en simples términos , significa que dos filas son ortogonales si la mitad de bits match y la otra mitad no match.

Ejemplo: de Ortogonalidad (cadena de bits).

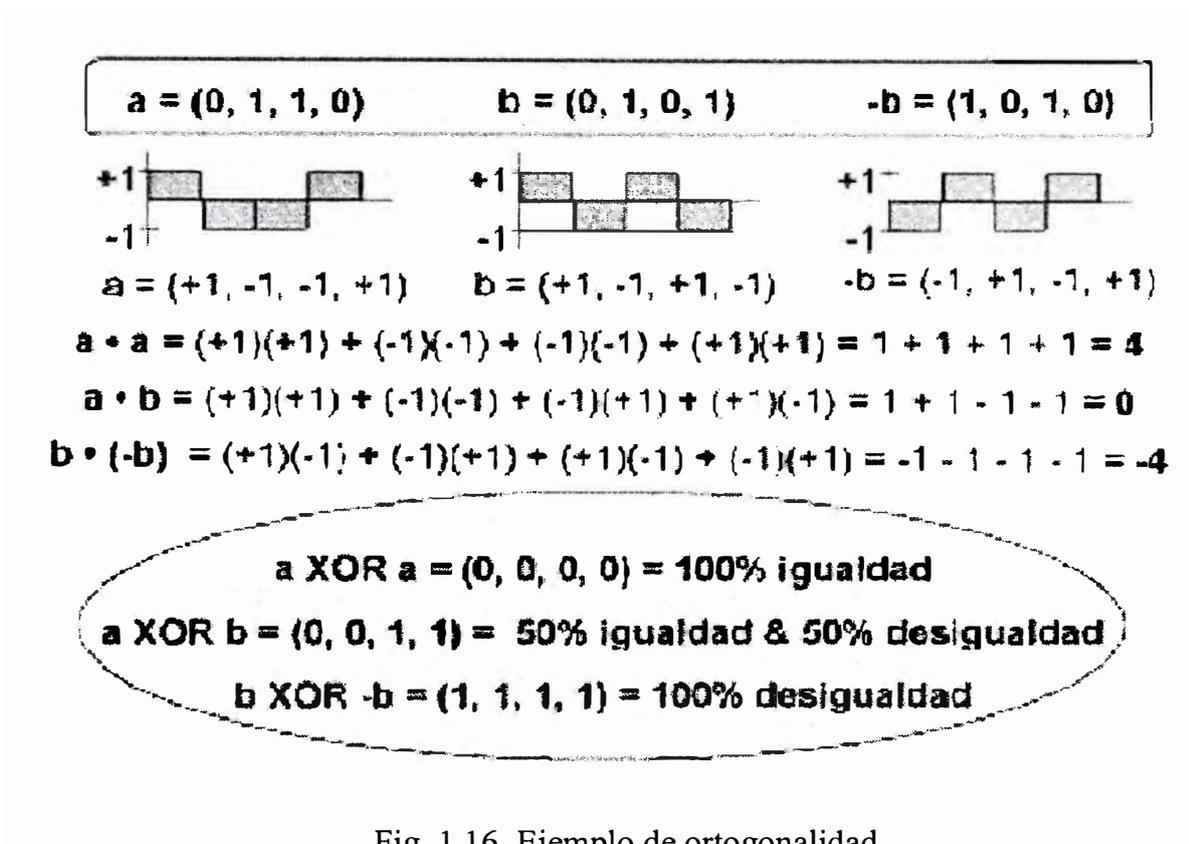


Fig. 1.16 Ejemplo de ortogonalidad.

1.10 El esparcimiento de la señal usando códigos de Walsh

Repasaremos el proceso de esparcimiento de la señal por medio de un ejemplo, para el cual usaremos una matriz Walsh compuesta de 4 filas y cada fila compuesto de 4 datos o chips (para fines didácticos , porque en la practica esta compuesto de 64 chips).

$N = 4$

	0	0	0	0
→	0	1	0	1
	0	0	1	1
	0	1	1	0

Fig. 1.17 Matriz de Walsh (uso con fines didácticos).

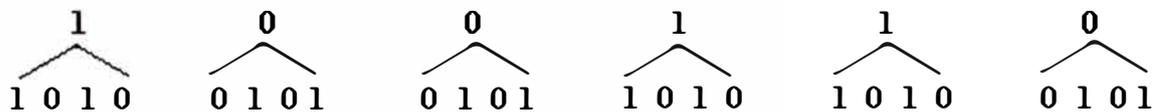
Seleccionamos un código Walsh que para este caso es el **0101**, Adicionalmente contamos con la señal que transmite la información con su secuencia de 0's y 1's.

Si en la secuencia de la señal que transmite la información se encuentra un 0 se envía el código Walsh escogido, si es un bit 1 se envía la negación lógica del código Walsh.

Código Walsh Seleccionado : **0 1 0 1** (usado para representar símbolos "0")

Código Walsh Negado: **1 0 1 0** (usado para representar símbolos "1")

Secuencia Original (señal de información):



Por lo tanto la secuencia esparcida a transmitir será : **1010010101010110100101**.

Este ejemplo sirvió para ilustrar el uso de un código Walsh para esparcir una señal.

1.11 Des-esparcimiento de la señal

Para poder des-esparcir una señal se tiene que contar con dos datos importantes, el primero es contar con el código de Walsh con el cual se esparció la señal y lo segundo debe haber una perfecta sincronización.

Usaremos la señal esparcida del ejemplo anterior para explicar la técnica de des-esparcimiento.

Por tanto usaremos la matriz de Walsh definida anteriormente.

$N = 4$

0	0	0	0
0	1	0	1
0	0	1	1
0	1	1	0

Fig. 1.18 Matriz de Walsh (uso con fines didácticos).

Para esta parte del ejemplo usaremos el mismo código usado en el esparcimiento: **0 1 0 1**

Se efectúa la operación XOR en la secuencia recibida con el mismo código Walsh utilizado para el esparcimiento.

```

Señal recibida: 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Código Walsh:  0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
XOR:           1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
  
```

Si un código Walsh produce “N” 0’s , entonces el bit original fue 0. Si produce “N” 1’s, entonces el bit original fue 1.

```

Señal recibida: 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Código Walsh:  0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
XOR:           1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
                {  } {  } {  } {  } {  } {  }
                1   0   0   1   1   0
                ~~~~~~
                Secuencia Original
  
```

Debemos recalcar que debe existir una perfecta sincronización para poder ejecutar el desesparcimiento.

Mostraremos a continuación el mismo ejemplo pero usando un código de Walsh diferente.

1.12 Secuencias de Short PN

Las dos secuencias de Short PN I y Q, tienen una longitud de 32,768 chips (bits) cada una, las letras I y Q son descritas por: I – In Phase y O – Quadrature Phase.

Juntas se pueden considerar como un vector binario bidimensional con una secuencia de chips distintas para su posterior modulación.

Cada secuencia de Short PN se correlaciona con si misma perfectamente si se compara con un timing offset (corrimiento de temporizador) de 0 chips.

La secuencia de Short PN es especial: Ortogonal a su misma copia que ha sido “desplazada” un offset por cualquier numero o chips (distinto de 0).

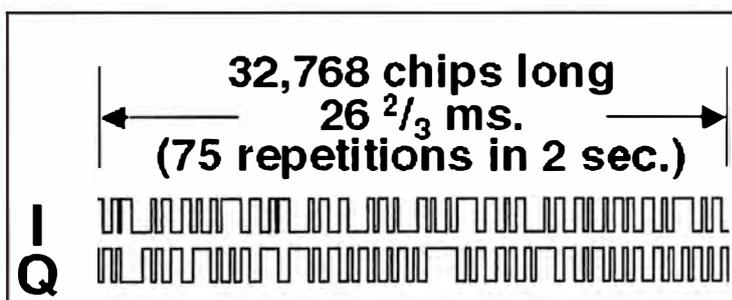


Fig. 1.20 Secuencias de short PN.

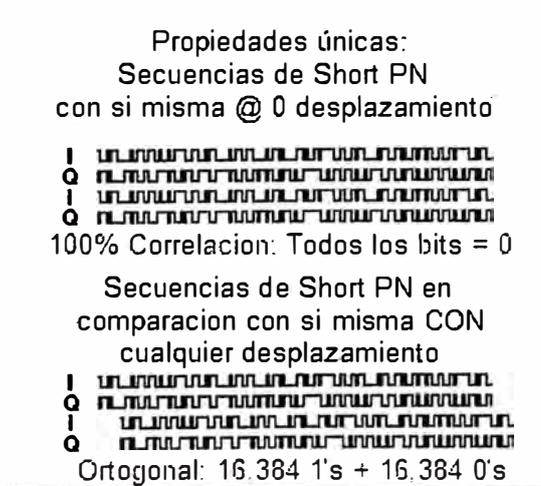


Fig. 1.21 Propiedades únicas de las secuencias de short PN.

1.13 Secuencias de Long PN

Cada estación móvil usa una secuencia de código largo de usuario única que se genera al aplicar una máscara, basada en el ESN (Electronic Serial Number) de 32 bits y el generador de códigos largos de 42 bits que se sincroniza con el sistema CDMA durante la inicialización de la estación móvil.

Porciones de códigos largos de usuarios generados por diferentes estaciones móviles durante una llamada no son exactamente ortogonales, pero sí lo suficientemente diferentes para permitir una descodificación fiable en el enlace inverso (hacia atrás).

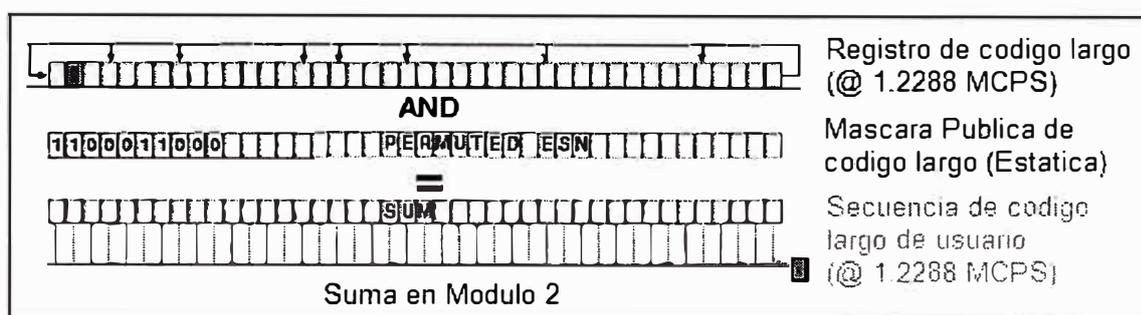


Fig. 1.22 Secuencia de código largo PN.

1.14 Funciones de los canales directos

1.14.1 Canal piloto (Pilot)

Código Walsh 0, El canal piloto es imaginemos un “radiofaro” que no contiene en si, una cadena de caracteres (recordemos son puros 0’s) Es una fuente de temporización usada para la adquisición del sistema y como dispositivo de medición durante el Handoff.

1.14.2 Canal de sincronía (SYNC)

Código Walsh 32, Este transporta una cadena de datos de información e identificación de parámetros del sistema usados por los teléfonos móviles durante la adquisición del sistema.

1.14.3 Canal de radiobúsqueda (PAGING)

Códigos Walsh de 1 a 7 , puede haber de uno a siete canales de radiobúsqueda (paging) según lo determine las necesidades de capacidad.

Transportan información acerca de mensajes de búsqueda parámetros del sistema y solicitudes de establecimiento de llamadas.

1.14.4 Canal de trafico (TRAFFIC)

Cualquiera de los Códigos Walsh restantes, Los canales de trafico se asignan a usuarios individuales para transportar trafico de llamadas.

Todos los códigos Walsh restantes están disponibles, sujetos a la capacidad general limitada por el ruido.

Pilot	Walsh 0	→
Paging	Walsh 1	→
	Walsh 6	→
	Walsh 11	→
	Walsh 19	→
	Walsh 20	→
Sync	Walsh 32	→
	Walsh 37	→
	Walsh 41	→
	Walsh 42	→
	Walsh 55	→
	Walsh 56	→
	Walsh 60	→

Fig. 1.23 Funciones de los Canales Directos.

1.15 Proceso de codificación en los canales directos

A cada usuario se le asigna se le asigna uno de los 64 códigos Walsh y su trafico se mezcla con el código Walsh para establecer un canal de código.

Todas las señales de códigos de usuarios se suman entonces analógicamente con las señales de pilot, sync y paging para producir una forma de onda compuesta.

La forma de onda compuesta es la que se combina con las secuencias de código de Short PNs I y Q usando un desplazamiento (offset) específico para identificar en forma única este sector de una celda.

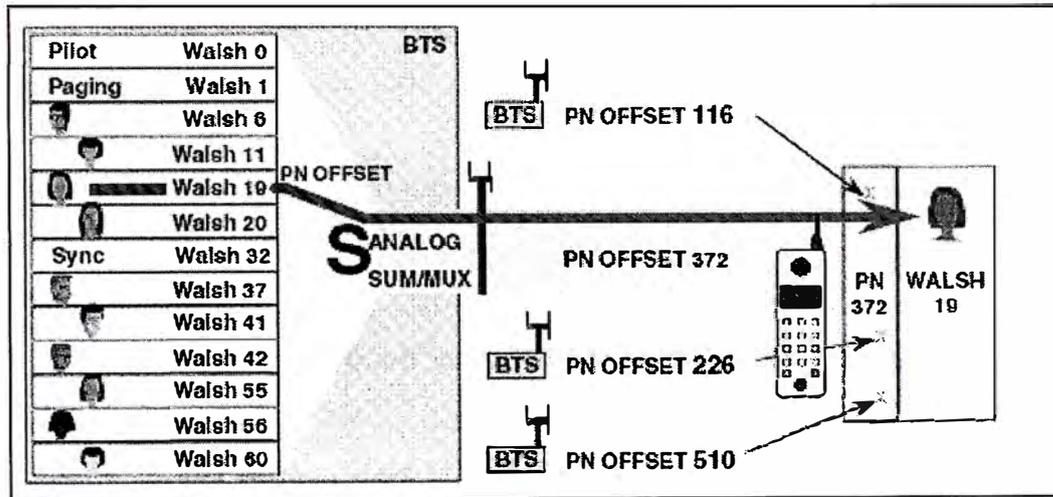


Fig. 1.24 Funciones de los canales directos.

1.16 Funciones de los canales inversos

Hay dos tipos de canales inversos CDMA:

1.16.1 Canales de tráfico

Utilizado por los usuarios individuales durante sus llamadas para transmitir tráfico a la BTS.

Un canal de tráfico inverso está definido por una máscara de código largo pública o privada específica del usuario.

Existe tantos canales de tráfico inversos como teléfonos CDMA en el mundo.

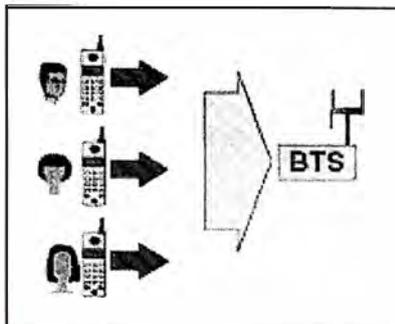


Fig. 1.25 Canales de tráfico inversos.

1.16.2 Canales de acceso

Las estaciones que aun no están en una llamada utilizan Canales de Acceso para transmitir solicitudes de registro, solicitudes de establecimiento de llamadas, respuestas a canales de paging, respuestas de solicitudes y cierta información de señalización.

Un canal de acceso esta definido por una mascara de código largo publica e independiente por celda / sector.

Los canales de acceso forman parejas con los Canales de paging, puede haber hasta 32 canales de acceso por cada canal de paging.

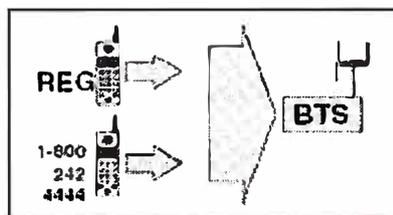


Fig. 1.26 Canales de Acceso.

1.17 Proceso de codificación en los canales inversos CDMA

Cada teléfono móvil es identificado en forma única mediante su Código Largo de Usuario, el cual se genera internamente.

Todas las estaciones móviles transmiten simultáneamente en el mismo ancho de banda: 1.25 MHz.

Cualquier BTS cercana puede reservar un elemento de canal a la estación móvil y extraer exitosamente su señal. Las estaciones móviles también usan las otras secuencias de esparcimiento de CDMA pero no para identificar canales.

Las secuencias de Short PN's se usan para lograr la Modulación por cuadratura de Fase (QPSK).

Los códigos Walsh son usados como Modulación Ortogonal para recuperar eficazmente toda la información en la BTS.

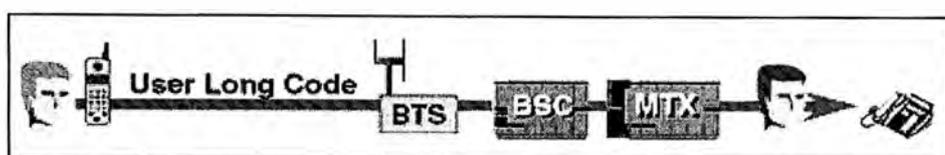


Fig. 1.27 Codificación de canales inversos.

1.18 Codificador de voz de velocidad variable

La codificación de la voz, toma la ventaja del hecho de que las conversaciones típicas de voz consiste entre un 40% y 50% en un estado de silencio (idle time).

Se aprovecha esta característica para comprimir el tráfico de voz y solo transmitir cuando se esta conversando con la otra persona, de este modo se incrementa la capacidad.

Los algoritmos de codificación de voz (compresión digital) son necesarios para aumentar la capacidad del sistema celular.

La codificación también debe asegurar una razonable fidelidad, es decir, un nivel mínimo de calidad percibida por el usuario

La codificación se puede realizar de varias maneras (Ej. Forma de onda, dominio de tiempo o frecuencia).

Los Vocoders transmiten parámetros los cuales controlan la “reproducción” de voz, en lugar de la descripción punto a punto de la forma de onda.

CAPÍTULO II

UTULIZACION DEL ESPECTRO Y CAPACIDAD DEL SISTEMA

2.1 Objetivos

Los objetivos del presente capitulo se concentraran en comprender los tópicos relacionados a capacidad respecto de CDMA, TDMA y AMPS.

Explicar la medición E_b/N_0 (Energía de BIT entre la densidad espectral) en CDMA, explicar el concepto del Overlay (traslape de otras tecnologías con CDMA) y comprender lo que pasa durante una llamada inalámbrica.

2.2 Ancho de banda de la señal, vulnerabilidad y reuso de la frecuencia.

Cada tecnología de inalámbrica (AMPS, NAMPS, D-AMPS, GSM, CDMA) utiliza un tipo de modulación específico con sus propias características de señal única.

La capacidad total de tráfico de un sistema inalámbrico se determina en gran medida por las características y el diseño de RF de la radiofrecuencia (cobertura de la celda, estudio de las zonas geográficas).

La vulnerabilidad de la señal de RF a la interferencia indica cuanta interferencia se puede tolerar y por lo tanto, a que distancia deben estar las celdas en la misma frecuencia. Esta interferencia podría ser causada por otra celda que posiblemente se encuentre muy cerca, puede ser causada por un obstáculo (edificio).

Para un nivel específico de S/N , el ancho de banda de la señal determina cuantas señales de RF se ajustaran en el espectro asignado al operador (cuantas señales tendremos en nuestro espectro).

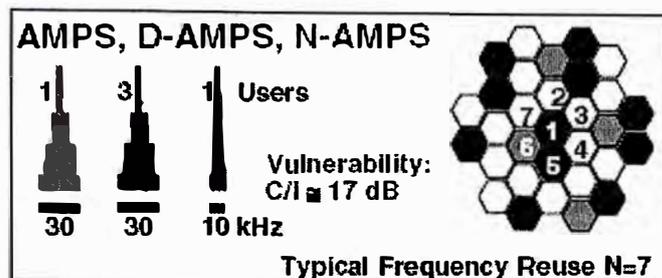


Fig. 2.1 Espectro de frecuencia AMPS

Con AMPS, D-AMPS (TDMA) el RF está dividido dentro de carriers de 30KHz y N-AMPS utiliza carriers de 10KHz.

Mientras en AMPS (tecnología analógica) tenía la capacidad de 1 usuario o suscriptor por carrier, el D-AMPS (tecnología digital) podía manejar hasta 3 usuarios o suscriptores en el mismo ancho de banda del carrier.

N-AMPS (Narrow - AMPS) maneja un solo usuario o suscriptor por carrier pero en un ancho de banda de 10KHz.

- AMPS = 1 usuario por carrier.
- D-AMPS = 3 usuarios por carrier.
- N-AMPS = 1 usuario por carrier (pero con carrier de 10KHz)

La vulnerabilidad C/I (Carrier / Interferencia) de estos sistemas es de 17 dB, la interferencia causada al carrier por el total de ruido causado.

Otro de los conceptos básicos en estas tecnologías es el Reuso de la frecuencia, el Reuso de frecuencia nos permitirá usar el mismo carrier en diferentes celdas pero teniendo en cuenta a qué distancia tienen que estar separadas estas celdas para que no exista o minimizar la interferencia entre estas.

El Reuso típico de Frecuencias para estas tecnologías es de 7 ($N=7$) para asegurar la menor interferencias entre estas, si queremos ser más específicos, en el dibujo anterior muestra el reuso de frecuencias pero para un esquema de celdas omnidireccionales, cosa que muy pocas veces se da en la práctica, por tal tendremos que realizar un diseño de Reuso de Frecuencia sectorizando la celda en varios sectores (lo común es tener tres

sectores 120° por sector) por tal motivo el reuso de frecuencias para este esquema seria de 21 (7 x 3) .

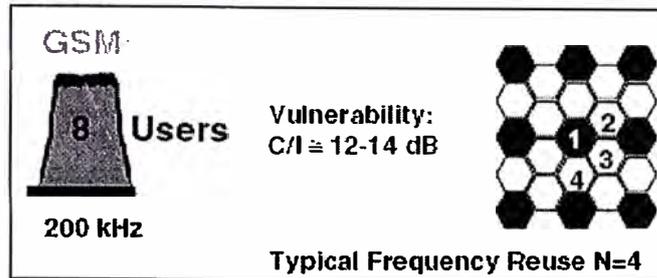


Fig. 2.2 Espectro de frecuencia GSM

GSM (Global System for Mobil) , es un estándar para las comunicaciones celulares que fue desarrollada a principios del año 80, opera en las frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz. Define el sistema celular completo y no solamente en la interfaz área , su acceso múltiple (RF) esta basado netamente en TDMA.

Usan los SIM Card (tarjetas inteligentes) para poder establecer los parámetros de red, poder realizar llamadas, como identificación ante el sistema, etc.

GSM es un sistema de conmutación de circuitos. GSM utiliza un carrier de 200 KHz, dividido entre 8 time slots y 16 time slots solo si se usa en half rate.

Por tal podemos tener 8 usuarios o suscriptores por carrier, la vulnerabilidad C/I (Carrier / Interferencia) de GSM será de 12 – 14 dB , vulnerabilidad que es menor a la de AMPS (17dB).

El reuso típico de Frecuencia en GSM es de 4 ($N=4$), que quiere decir después de estas cuatro celdas que se tiene adyacente se puede reutilizar la misma frecuencia que utilizo en una celda.

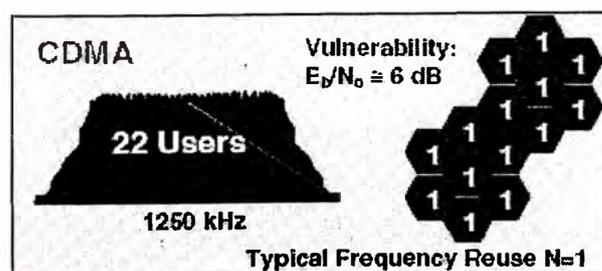


Fig. 2.3 Espectro de frecuencia CDMA

Sabemos que en CDMA tenemos una gran cantidad de usuarios de forma simultanea compartiendo en mismo canal de frecuencia , usuarios que se distinguen entre si por medio de códigos matemáticos que es ortogonal y con correlación 0.

También recordemos que en un canal directo e inverso el ancho de banda será de 1.25 MHz , por tal la cantidad máxima de usuarios que podrá cursar simultáneamente en un canal usando un vocoder de 8 KBits será de 22, el cual es bastante considerable respecto a los 8 usuarios que maneja GSM y mucho mas con AMPS o D-AMPS que manejan solo 1 o 3 usuarios por cada canal de frecuencia.

CDMA es una tecnología de una buena capacidad, pero también como los demás sistema también tendrá su vulnerabilidad pero a diferencia de los demás sistemas aquí nos e habla de C/I (Carrier / Interferencia) como medida de vulnerabilidad si no de Eb/No (Energía de BIT / Densidad de Ruido Espectral) que es igual a 6 dB aproximadamente.

Uno de los puntos mas fuertes de CDMA es el Reuso Típico de Frecuencias de $N=1$, Esto quiere decir que todas la celdas pueden utilizar la misma frecuencia y no se interfieren debido a que cada uno maneja sus propios códigos.

Ya no hay una planificación en el estudio de reuso de frecuencias.

2.3 Relación entre Eb/No y S/N

E_b / N_0 (Energía de BIT / Densidad de Ruido Espectral) , S/N (Señal / Ruido) es usada para saber el nivel de la calidad de la señal.

La definición de E_b es la siguiente: Es la relación de la potencia de la señal entre la cantidad de bits que fueron transmitidos o la velocidad de TX de bits.

La potencia de la señal la representaremos por S y la velocidad de TX de bits R , la potencia de la señal S es la Energía por el tiempo (E/t).

La velocidad de TX de bits R es la cantidad de bits por el mismo intervalo de tiempo (B/t) por el cual tenemos la siguiente relación.

Por lo tanto ya contamos con E_b descrito a continuación.

$$E_b = \left(\frac{\text{Signal Power}}{\text{Bit Rate}} \right) = \left(\frac{S}{R} \right) = \left(\frac{E/t}{B/t} \right)$$

Fig. 2.4 E_b (Energía de Bit)

Ahora definamos el N_0 (Densidad de Ruido Espectral): Es la relación de la potencia de ruido N entre el ancho que banda que se maneja en el sistema W .

$$N_0 = \left(\frac{\text{Noise Power}}{\text{Bandwidth}} \right) = \left(\frac{N}{W} \right)$$

Fig. 2.5 N_0 (Densidad de ruido espectral).

Ahora definimos la relación de E_b/N_0 :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\left(\frac{S}{R} \right)}{\left(\frac{N}{W} \right)} = \left(\frac{S}{R} \right) \times \left(\frac{W}{N} \right) = \left(\frac{S}{N} \right) \times \left(\frac{W}{R} \right)$$

Relación Señal a Ruido.
 Ganancia de Procesamiento

Fig. 2.6 Relación E_b/N_0 (Energía de bit / Densidad de ruido espectral).

Podemos ver en la anterior fórmula que la relación E_b/N_0 es la multiplicación de la relación señal a ruido y la ganancia de procesamiento.

Ahora revisemos la ganancia de procesamiento W/R (Ancho de Banda / velocidad de TX de Bits). Recordemos que tenemos dos vocoders como opción en CDMA (8Kb y 13Kb) ambos a Full Rate (velocidad máxima).

8 Kb vocoder (Full Rate)	→	$\left(\frac{W}{R}\right) = \left(\frac{1,250,000}{9,600}\right) = 130 = 10^{2.11} = 21.1 \text{ dB}$
13 Kb vocoder (Full Rate)	→	$\left(\frac{W}{R}\right) = \left(\frac{1,250,000}{14,400}\right) = 87 = 10^{1.94} = 19.4 \text{ dB}$

Fig. 2.7 Ganancia de procesamiento (vocoders 8 Kb y 13 Kb).

Recordemos que para sistemas de comunicaciones siempre hablamos de unidades logarítmicas (dB).

Vemos que para los vocoders de 8Kb y 13Kb tenemos la ganancia de procesamiento de 21.1 dB y 19.4 dB respectivamente.

Ahora explicaremos el concepto de la ganancia de procesamiento, para tal usaremos el siguiente grafico.

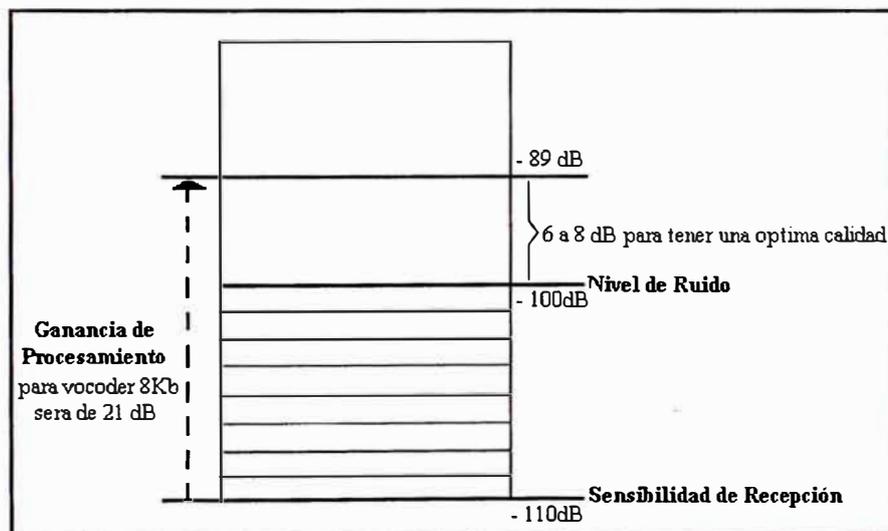


Fig. 2.8 Ganancia de procesamiento.

En la parte inferior del grafico anterior se muestra el nivel de sensibilidad de recepción propio del equipo móvil que esta definida por el fabricante (normalmente esta dentro del siguiente intervalo -120 dB a -110 dB).

También se muestra el nivel de ruido presente en el sistema, para fines didácticos lo estamos presentando en -100 dB.

La ganancia de procesamiento (para el gráfico de 21 dB) es la ganancia que se le tiene que sumar al nivel de sensibilidad de recepción para poder estar por encima del nivel de ruido.

El intervalo que debe superarse en comparación del nivel de ruido es de 6 a 8 dB para poder mantener una comunicación aceptable, si este valor cae puede ser debido a que el móvil está alejado considerablemente de la estación base o que el móvil tiene problemas.

Por lo tanto la ganancia de procesamiento nos permite superar el nivel de ruido.

Ahora estudiaremos la relación Señal a Ruido S/N , como tenemos la relación E_b/N_0 ya definidos y con valor de 6 dB, adicionalmente sabemos que esta relación E_b/N_0 es igual a la relación señal a Ruido (S/N) por la ganancia de procesamiento.

Por lo tanto podemos despejar la relación S/N (Señal / Ruido), como muestra la siguiente figura.

The diagram illustrates the relationship between Signal to Noise, Processing Gain, and E_b/N_0 . It shows the equation $\left(\frac{S}{N}\right) \times 10^{1.94} = 10^{0.6}$ and the resulting $\frac{S}{N} = \frac{10^{0.6}}{10^{1.94}} = 10^{-1.34} = -13.4 \text{ dB}$.

Fig. 2.9 Relación señal a ruido (S/N).

Podemos observar en la fórmula que la relación Señal a Ruido (S/N) es de -13 dB (valor negativo), en los sistemas tradicionales esta relación de S/N es positiva como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 2.1 Señal a ruido (S/N) de principales tecnologías.

Tecnología	Modulación	Bandwidth	Indicador Calidad	S/N
AMPS	Analogo FM	30 KHz	C/I \cong 17 dB	S/N \cong 17 dB
N – AMPS	Analogo FM	10 KHz	C/I \cong 17 dB	S/N \cong 17 dB
D – AMPS	DQPSK	30 KHz	C/I \cong 17 dB	S/N \cong 17 dB
GSM	GMSK	200 KHz	C/I \cong 12 – 14 dB	S/N \cong 12 – 14 dB
CDMA	QPSK / OQPSK	1 250 KHz	Eb/No \cong 6 dB	S/N \cong -13.4 dB

Centrémonos en la ultima columna del grafico anterior, podemos observar que para AMPS, N-AMPS, D-AMPS la relación señal a ruido es de +17 dB, mientras que para GSM esta dentro del intervalo 12 – 14 dB, fijémonos que todos estos valores son positivos lo que significa que el carrier debe estar por encima de la interferencia 17 , 12 o 14 dB correspondiente de la tecnología.

Lo que implica que la relación S/N para CDMA sea negativo es, como en CDMA nosotros hablamos de códigos ortogonales (entre ellos –canales –) y que la potencia de ruido o que tan alto puede estar respecto de la potencia de la señal, aquí nos dice que el ruido esta mas arriba de la señal en 13.4 dB (en forma lineal 22 veces).

El ruido esta por encima de la señal, estos ruidos serán de banda angosta mientras que la señal es de banda angosta, otro dato importante es que el ruido no tiene correlación con la señal, por lo tanto en el momento que se realice la des-correlación en el móvil la señal volverá a banda angosta y el ruido pasara a banda ancha pero con un nivel de potencia mucho menor.

Pero esta diferencia de potencia en la relación S/N no puede ser demasiado grande se tiene limites también, como veremos a continuación.

$17 \text{ dB} = 10^{1.7} \cong 50$ $14 \text{ dB} = 10^{1.4} \cong 25$ $12 \text{ dB} = 10^{1.2} \cong 16$	$-13.4 \text{ dB} = 10^{-1.34} \cong 0.046 = \frac{1}{22}$
---	--

Fig. 2.10 Relación S/N en forma lineal.

Para AMPS el nivel de la señal debe ser 50 veces mas alta que el ruido, para GSM la señal debe ser 25 o 16 veces mas alto que el ruido.

Para CDMA puede tener la señal de ruido 22 veces mas fuerte que la señal normal y poder recuperarse sin problema, por lo tanto la señal S/N no es critica para CDMA.

El enfoque de calidad en CDMA será la relación E_b/N_0 y no S/N como los otros sistemas, cuanto mas bajo sea esta relación la calidad se va ha ir degradando.

En CDMA no se maneja la Tasa de Error por Bit (BER) si no la Tasa de Error por Trama (FER) debido a que la señal es esparcida y codifica en todo el espectro esparcido, si un BIT o chip es perdido en la transmisión en realidad lo que se pierde es la trama porque esa trama esta codificada y necesita de todos los chips

Una Tasa normal de tramas erróneas estándar a nivel mundial aceptado en un sistema celular seria de 2% esto quiere decir de cada 100 tramas 2 hayan sido erróneas.

2.4 Relación entre E_c/I_0

Primero definiremos un termino que se usara en esta parte “FINGERS”, los Fingers son los receptores que se encuentran en el móvil (son 4), y sirven para captar los PN offsets (identidades de los sectores).

Con tres fingers se puede identificar los PN de las estaciones bases, estas pueden ser las mismas si se encuentran muy cerca de la estación base, pero cuando se vaya alejando de la celda origen ese móvil podrá captar los PN de los sectores de las celdas vecinas.

Estas van a ser captadas por los fingers 2 y 3 porque el finger 1 esta en servicio en ese momento y conforme se vaya desplazando los fingers 1 y 2 se encargan de ver las otras identidades de PN para saber con quien hará en handoff .

El cuarto finger se dedica exclusivamente a ver los canales pilotos o sea es un buscador de pilotos (pilot search), este finger esta escaneando los canales pilotos de las celdas y

detectar a cual de ellas es la mas indicada una vez identificado se le asigna a uno de los otros 3 fingers.

Concentrémonos en el finger 1, para esto nos guiaremos de la siguiente figura (la figura se muestran los Fingers 1,2 y 3):

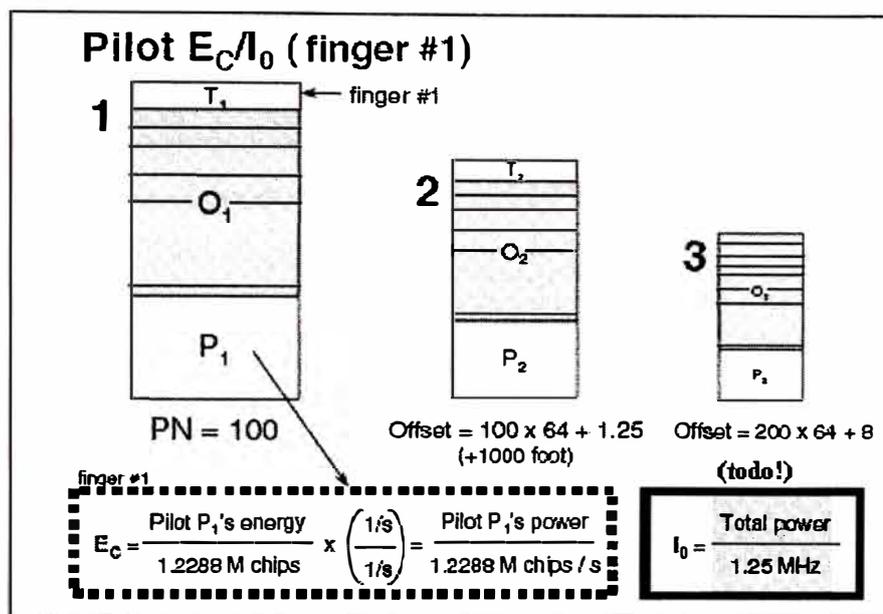


Fig. 2.11 Energía de chip y interferencia para el finger N° 1.

En el Finger # 1 habla de un PN = 100 (identidad de un sector), como se vio en el capítulo anterior tenemos hasta 512 posibilidades de PN que identificarán a un sector, La separación de PN offset será de 64 chips para evitar que a un móvil pueda recibir el mismo PN offset de diferentes sectores, esto quiere decir del PN =0 al PN =1 tendrá 64 chips de diferencia.

En el gráfico anterior la letra P representa la potencia del canal piloto, la O el offset y T la energía del canal de tráfico.

Estos Fingers son encargados de ver la energía del canal piloto, en el cuadro de líneas punteadas tenemos la energía de chip E_c que es igual a la energía del piloto (del piloto 1) entre el ancho de banda (el ancho de banda que manejamos es de 1.2288) todo esto en una unidad de tiempo en este caso 1 segundo. 1.2288 M Chips (es la cantidad de datos que tenemos en el total de ancho de banda.)

La interferencia I_0 se muestra en el cuadro remarcado en la figura anterior, notemos que es la inferencia de todo, no es la interferencia exclusiva del móvil. Es la interferencia de todos los móviles que están en ese sector, aparte del ruido térmico y la interferencia en el propio móvil.

Por lo tanto la Interferencia I_0 es igual a la potencia total entre el ancho de banda (1.25MHz),

Viendo esto ahora realizaremos la relación de la Energía de chip y la interferencia, para el cual nos guiaremos de la siguiente figura:

$$\frac{E_c}{I_0} = \frac{\text{Pilot } P_1\text{'s power}}{\text{Total power}} = \frac{\text{Pilot } P_1\text{'s power}}{\text{Total power}}$$

Handwritten annotations in the diagram: 1.2288 M/s over Pilot P_1 's power, and 1.25 MHz under Total power.

Fig. 2.12 Relación Energía de chip y Interferencia E_c/I_0 para el Finger N° 1.

Realizando la simplificaciones en la ecuación, nos queda que E_c/I_0 es igual a la potencia del piloto entre la potencia total.

Donde la potencia total será la potencia del piloto mas la potencia de toda la señal CDMA involucrados en el sistema inclusive la del ruido blanco o térmico.

Para poder observar mejor la composición de la energía de chip y la interferencia presente, nos servirá el siguiente grafico:

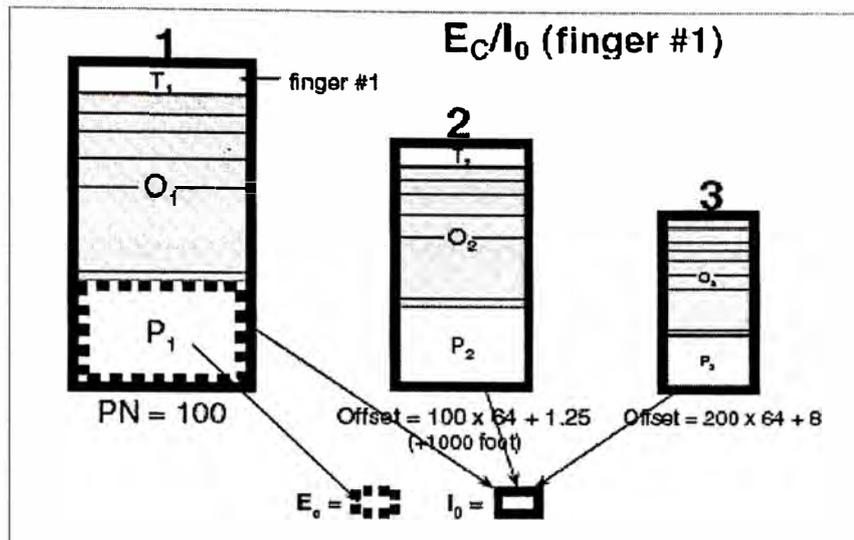


Fig. 2.13 Composición de la energía de chip y interferencia para el finger N° 1.

La energía de chip E_c es solo del piloto # 1 P_1 (en el grafico se muestran con líneas entrecortadas), mientras que la interferencia I_0 estará compuesta tanto por los pilotos del Finger # 1,2 y 3.

Ahora veremos como es afectado la energía de bit para el canal de trafico por la potencia de ruido.

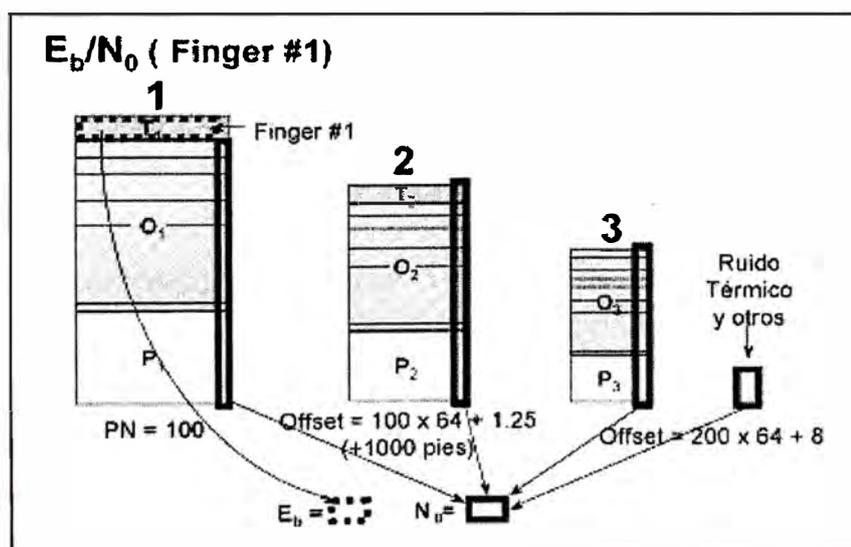


Fig. 2.14 Composición de la energía de BIT E_b y el ruido N_0 para el finger N° 1.

La que relaciona la energía de BIT es ahora el trafico (que se muestra en la figura anterior mostrada por líneas punteadas).

No esta representando todo el ruido (densidad de ruido espectral), notemos el detalle que la densidad de ruido espectral no esta considerando el canal de trafico donde se esta generando la señal pero si el ruido que genera los canales de encabezamiento, también esta considerando los otros Fingers tanto los canales se overhead o de encabezamiento y de trafico, mas el ruido térmico y otros ruidos como el ruido blanco del aire.

Mostremos a continuación las ecuaciones de E_b/N_0 :

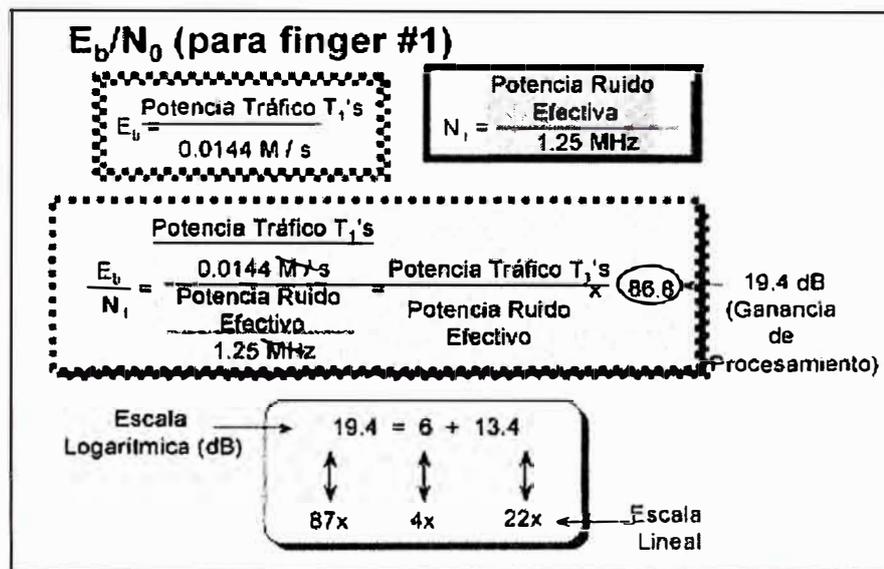


Fig. 2.15 Relación E_b/N_0 para el finger N° 1.

Si utilizamos un vocoder de 13Kb, entonces la energía de BIT E_b será la potencia de trafico entre el la velocidad de bits (Full Bit Rate) 0.0144 Mb/s .

El ruido N_1 esta definido por la potencia efectiva de ruido entre el ancho de banda (1.25MHz).

Como muestra el grafico anterior , simplificamos y obtenemos la relación E_b/N_1 como la potencia de trafico T_1 entre la potencia de ruido efectivo, multiplicado por la ganancia de procesamiento 86.8 o 19.4 dB.

En la parte inferior del grafico anterior nos muestra la diferencia entre la escala logarítmica y lineal.

2.5 Traslape (overlying) CDMA sobre AMPS

CDMA no existe solo sino es también parte de redes que están funcionando con anterioridad como AMPS, TDMA en el espectro asignado, por lo tanto hay que realiza la función del overlay o traslape para ver como interactúan los sistemas.

Para estas funciones o características nos basamos en estándares como el IS-95 estándar definido por la EIA/TIA, en la siguiente figura mostraremos el traslape de CDMA.

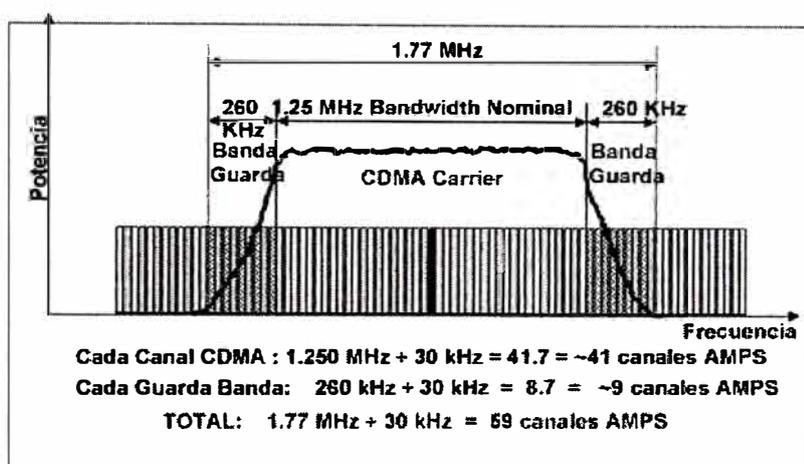


Fig. 2.16 Traslape CDMA - AMPS.

Notemos dos cosas muy importantes en la figura, primero veamos donde dice CDMA Carriers que es nuestro ancho de banda normal (1.25 MHz), sin embargo el estándar IS-95 no solamente nos define 1.25 MHz de ancho de banda si no también un par de guarda bandas en los extremos de 260 KHz cada una, harán un total entonces de 1.77 MHz toda el ancho de banda del canal CDMA incluyendo sus guarda bandas.

Otra cosa interesante es corroborar que CDMA incrementa la capacidad de manera sustancial respecto a otras tecnologías, en AMPS 1.77MHz puede soportar solo hasta 59 canales AMPS (cada una de 30KHz).

La separación mínima entre AMPS/TDMA y la frecuencia central de CDMA debe ser de 885 KHz ($1250 \text{ KHz} / 2 + 260 \text{ KHz}$).

Una pregunta que nos realizamos para poder definir el traslape, es el siguiente:
 ¿cuantas frecuencias libres debemos dejar para el traslape de CDMA ?

La respuesta para esto es:

- 41 canales deberán estar libres para el carrier CDMA.
- 9 canales para cada guarda banda.

Los Guarda Banda no se requieren entre canales CDMA, si no entre CDMA y otras tecnologías, debido a que no hay problemas de interferencia entre canales CDMA pero si con otras tecnologías.

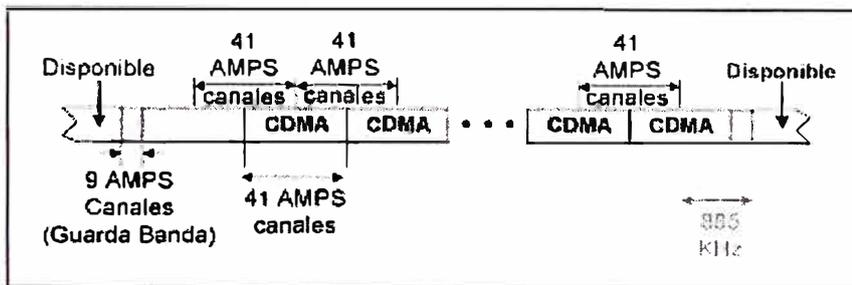


Fig. 2.17 Traslape CDMA - AMPS.

Ahora revisaremos el uso del espectro radioeléctrico por parte de CDMA, recordemos que tenemos 2 espectros uno es a 800 MHz y el otro es a 1900 MHz.

En el siguiente grafico mostraremos el uso del espectro celular de CDMA en 800 MHz.

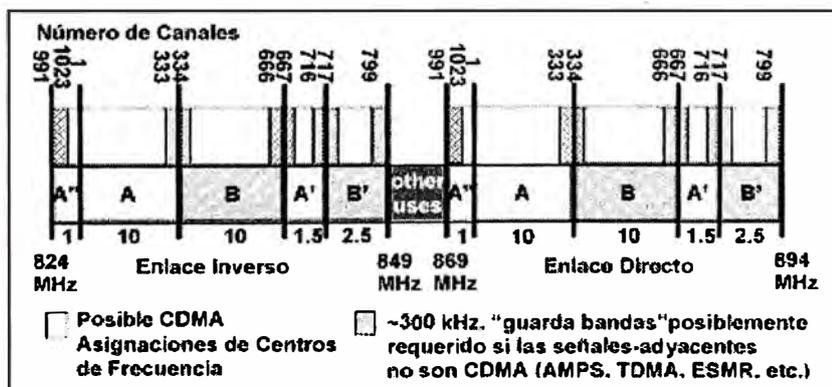


Fig. 2.18 Espectro celular CDMA 800 MHz.

La ITU distribuyó el uso de estas bandas como parte de su estándar y control de recurso radioeléctrico escaso. Si vemos la gráfica anterior vemos que existe unas sub.-divisiones, que van desde el extremo izquierdo 824 MHz hasta el extremo derecho de 894 MHz. Dividido en dos Sub-Bandas A y B.

Otro detalle interesante es que cada una de las Bandas de enlace Directo e Inverso será de 25 MHz, quiere decir que el enlace Inverso ira de 824 MHz a 849 MHz (25 MHz de ancho de banda) y el enlace Directo ira de 869 MHz a 894 MHz (también 25 MHz de BW). Tenemos reservados de 849 MHz a 869 MHz (20 MHz) para otros usos, también observemos que el guarda banda es de 300 KHz que están representado en el gráfico por medio de manchas grises.

Todas las portadoras de RF CDMA tienen un ancho de Banda de 1.25 MHz, pueden servir a 22 usuarios con codificador de voz de 8 Kb o 17 usuarios con codificador de voz de 13 Kb.

El espectro celular de un operador tiene un ancho de banda de 12.5 MHz (enlace directo o Inverso) por lo tanto pueden usar 9 operadoras. La siguiente tabla muestra un ejemplo una asignación de canales CDMA tanto para las banda A y B.

TABLA 2.2 Asignación de canales CDMA.

Orden	Banda A	Banda B
1	283	384
2	242	425
3	201	466
4	160	507
5	119	548
6	78	589
7	37	630
8	1019	777
9	691	736

Algunos operadores mantendrán la presencia de AMPS (Telefonica en el caso peruano) por algunos años mas, principalmente para uso rural, debe existir una transición para pasar de una tecnología a otra.

CDMA también se puede desarrollar o implementar sobre la banda 1900 MHz (PCS) , cosa que es un poco inusual en el mercado pero tecnológicamente se pueda dar.

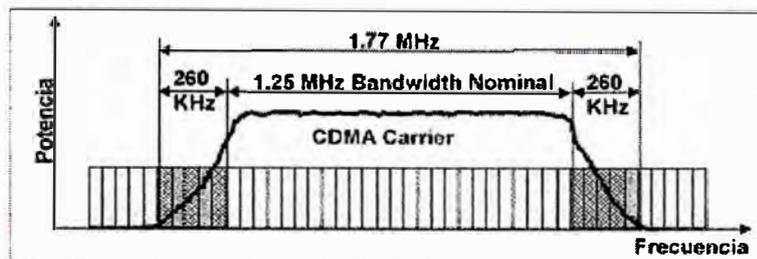


Fig. 2.19 Espectro celular CDMA en 1900 MHz.

El esparcimiento de canales cambia en el espectro PCS (sistema de comunicación personal) de 1900 MHz. Los canales de PCS están definidos en 50 KHz.

Esto requiere un cambio en el numero de canales requeridos para soportar un carrier CDMA de 1.25 MHz.

$$\begin{aligned}
 \text{CDMA Carrier} & 1250 / 50 = 25 \text{ canales} \\
 \text{Guarda Banda} & 260 / 50 = 5.2 \text{ canales} \\
 \text{Guarda Banda} & 260 / 50 = 5.2 \text{ canales} \\
 \text{Total} & 1770 / 50 = 35.4 \text{ canales}
 \end{aligned}$$

En uso de CDMA en la banda de 1900 lo podemos observar en el espectro de 1900 MHz, como muestra el siguiente grafico.

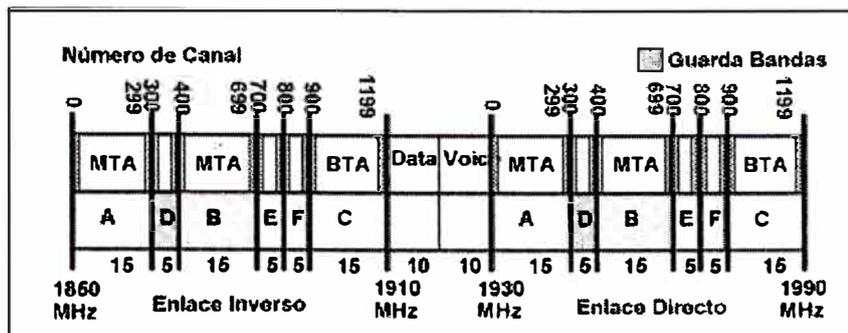


Fig. 2.20 Uso del espectro celular CDMA en 1900 MHz.

Ahora asignamos 6 Sub - Bandas tanto para el enlace directo como el inverso (A,B,C,D,E y F), en el espectro de 1900 MHz empezamos en 1850 MHz (extremo izquierdo) y terminamos en 1990 MHz (extremo derecho), se tiene 20 MHz reservados para voz o datos (1910 MHz – 1930 MHz), el grafico muestra debajo de cada Sub- banda los MegaHerzt de ancho de banda,.

Las licencias de las Sub - Bandas A, B y C pueden contener hasta 11 canales (de 1.25 MHz cada uno) de RF CDMA en el espectro de 30 MHz .

Las licencias de las Sub – Bandas D, E y F pueden contener 3 canales de RF CDMA en el espectro de 10 MHz.

Cada Sub – Banda la define la unión internacional de telecomunicaciones ITU , y es asignada a un operador por medio de una licitación realizada por los organismos nacionales que en el caso peruano es el ministerio de transportes y comunicaciones.

Los equipos que tenemos en la radio - bases (BTS) tienen las cavidades resonantes ya ajustadas para cada una de las bandas a la que va ha operar, estas viene de fabrica a requerimiento del operador.

De igual forma que la banda de 800 MHz , también se requiere bandas de guarda de 260 KHz en los bordes del espectro PCS para asegurar que no se produzca interferencias con otras tecnologías celulares, inmediatamente adyacentes del espectro.

Las siguientes figuras nos muestran la asignación de canales CDMA en las Sub – Bandas A, B y C:

TABLA 2.3 Asignación de canales CDMA en la banda A del espectro de 1900 MHz.

Banda A PCS	
1	25
2	50
3	75
4	100
5	125
6	150
7	175
8	200
9	225
10	250
11	275

TABLA 2.4 Asignación de canales CDMA en la banda B del espectro de 1900 MHz.

Banda B PCS	
1	425
2	450
3	475
4	500
5	525
6	550
7	575
8	600
9	625
10	650
11	675

TABLA 2.5 Asignación de canales CDMA en la banda C del espectro de 1900 MHz.

Banda C PCS	
1	925
2	950
3	975
4	1000
5	1025
6	1050
7	1075
8	1100
9	1125
10	1150
11	1175

La siguientes figura nos muestra un comparativo de la cantidad de portadoras en las diferentes tecnologías:

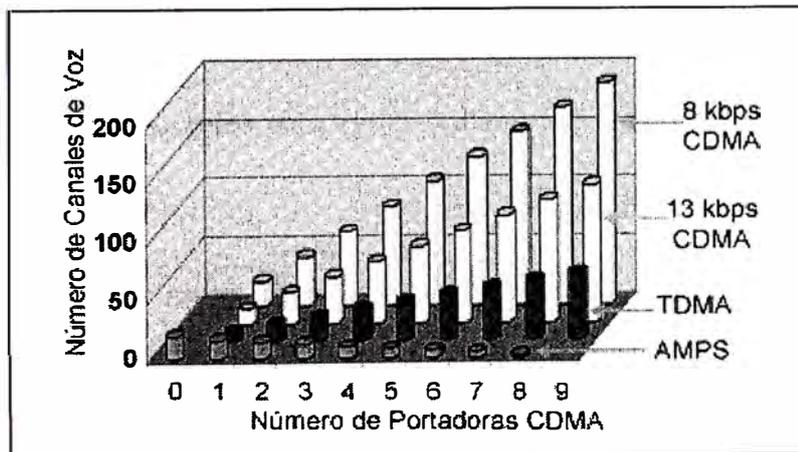


Fig. 2.21 Numero de canales de voz en diferentes tecnologías.

Observamos en la grafica anterior que existe un uso eficiente del espectro por parte de CDMA , esta eficiencia se muestra en gran capacidad de numero de canales.

Como en el caso Peruano , la tecnología CDMA esta implantado sobre la banda de 800 MHz, mostraremos la asignación de canales en esta banda.

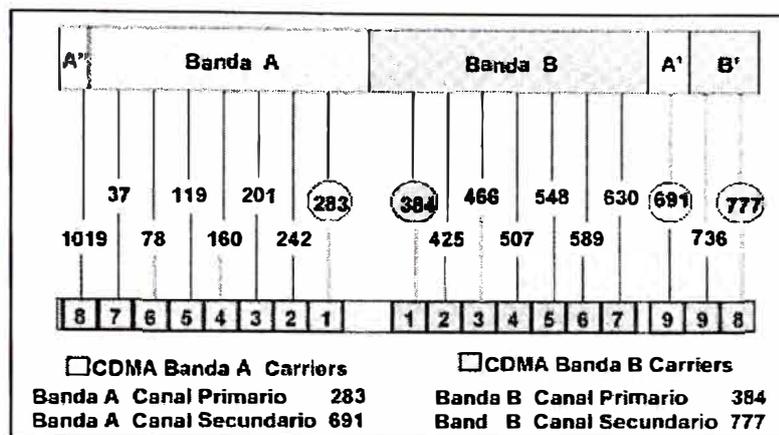


Fig. 2.22 Asignación de canales CDMA en la banda de 800 MHz.

En las bandas A o B podemos asignar como máximo hasta 9 portadoras CDMA, el estándar IS-95 recomienda empezar el desarrollo de CDMA ya sea con, el canal primario o secundario.

El traslape (overlay) en la zona de guarda son necesarias entre CDMA y otros sistemas debido a que CDMA incrementa el piso de ruido sobre los demás sistemas.

Tenemos los siguientes principios para evitar o disminuir el impacto de la interferencia en los sistemas:

- En tecnologías de radio convencionales se busca que la señal deseada sea lo suficientemente mas fuerte para estar por encima de cualquier interferencia.
- AMPS, TDMA y GSM dependen de la separación de distancia física para dejar a la interferencia en niveles bajos.
- Los usuarios de Co - Canal son colocados cuidadosamente a cierta distancia segura al momento de hacer planeación de frecuencias para no tener problemas de interferencias.
- Todos los usuarios vecinos como las celdas deberán usar diferentes frecuencias para evitar la interferencia.

- En CDMA : todos los usuarios ocupan la misma frecuencia al mismo tiempo. Donde ni la frecuencia ni el tiempo son utilizados como discriminadores.
- CDMA opera usando códigos matemáticos para discriminar entre sus usuarios.
- La interferencia en CDMA proviene principalmente de usuarios aledaños.
- Cada usuario es un susurro de voz entre una gran multitud, pero su código es único y totalmente recuperable.
- La potencia de transmisión sobre todos los usuarios deberá ser estrechamente controlada de tal forma que sus señales lleguen a la BTS al mismo nivel., por tanto se define el control de potencia y es efectuado en el BSC.

CAPÍTULO III

PROCESAMIENTO DE LLAMADA

3.1 Objetivos

Los objetivos del presente capítulo son identificar los estados y subestados del Móvil en el procesamiento de llamada, como distinguir entre los conceptos de “configuración de servicio” y “negociación de servicio”.

Analizar las etapas y mensajes correspondientes a los siguientes escenarios de procesamiento de llamada.

- Cuando el móvil origina la llamada.
- Cuando el móvil reciba la llamada o termine la llamada.
- El móvil origina la desconexión de la llamada.
- El móvil recibe la orden de desconexión de la llamada (el usuario destino cuelga).
- El móvil realiza una llamada de Markov (llamada de prueba).

3.2 Estados del móvil para el procesamiento de llamada

Definamos los estados del procesamiento de llamada de móvil, tenemos cinco estados principales:

- Prender el celular (muchas literaturas no lo consideran, pero para fines didácticos nosotros lo consideraremos).
- Inicialización, El móvil selecciona y adquiere información del sistema (800MHz o 1900MHz)
- Idle (inactivo o desocupado), el móvil monitorea los mensajes que vienen a través del canal de paging y acceso (canales de señalización).
- Acceso al Sistema, donde el móvil envía a la BTS sobre su canal de acceso.
- Trafico, el móvil se comunica a la BTS utilizando los canales de trafico ya sea directos o inversos.

Estos son los estados donde se puede encontrar el móvil, en lo sucesivo omitiremos el estado de prender el móvil por ser un estado que no necesita explicación alguna.

Mostraremos un esquema general de todos los estados donde se puede encontrar el móvil:

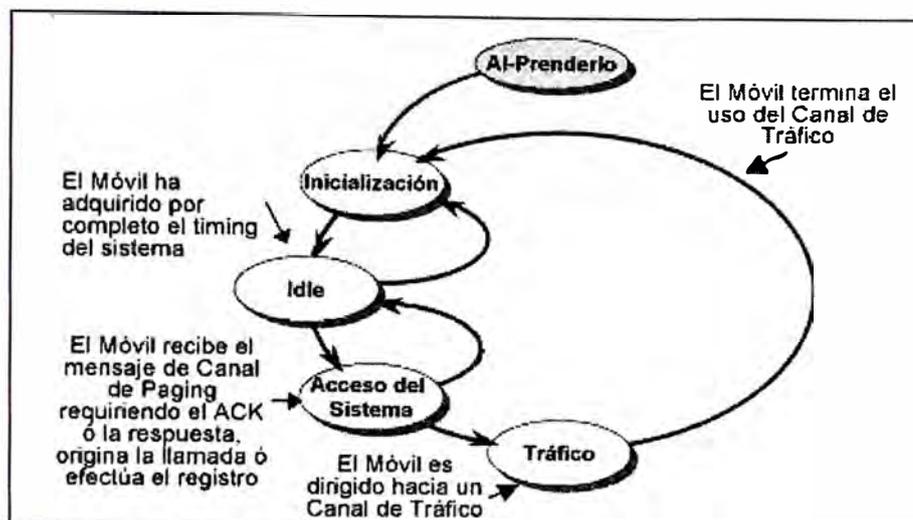


Fig. 3.1 Estados del móvil para el procesamiento de llamada.

Pasaremos a explicar cada uno de los estados en donde se puede encontrar el móvil, y definiremos cada uno de sus subestados .

3.3. Estado de inicialización del móvil

Analicemos el primero de los estados, el de inicialización, primero el móvil selecciona el sistema a utilizar ya sea de 800MHz o de 1900 MHz, luego de haber seleccionado el móvil empieza a adquirir información básica y sincronizarse con el sistema.

El estado de inicialización consta de cuatro subestados:

- Determinación del sistema, se selecciona el sistema CDMA ya sea de 800MHz o de 1900 MHz.
- Adquisición del canal piloto, que debe hacerse en menos de 15 segundos.
- Adquisición del canal Sync , donde se obtiene la configuración del sistema en forma básica e información del timing , estado que debe toma 1 segundo.
- Cambio de Timing, donde se sincroniza el timing del móvil con el sistema CDMA.

Estos subestados lo podemos ver mas claramente en la siguiente figura:



Fig. 3.2 Subestados del móvil para el procesamiento de inicialización.

Revisemos el estado de adquisición de canal de piloto, el móvil adquiere el piloto del sistema CDMA seleccionado (800 o 1900 MHz), luego del subestado de determinación del sistema se iniciara el proceso de búsqueda del canal piloto, el móvil lo debe hacer dentro de 15 segundos si es exitosa la búsqueda el móvil estar listo para decodificar el siguiente canal (Sync), de no ser así se genera una adquisición de piloto fallida y el móvil retorna al subestado de determinación de sistema, luego de volver ha adquirir el sistema el móvil vuelva a buscar al canal piloto, como se muestra en la siguiente figura.

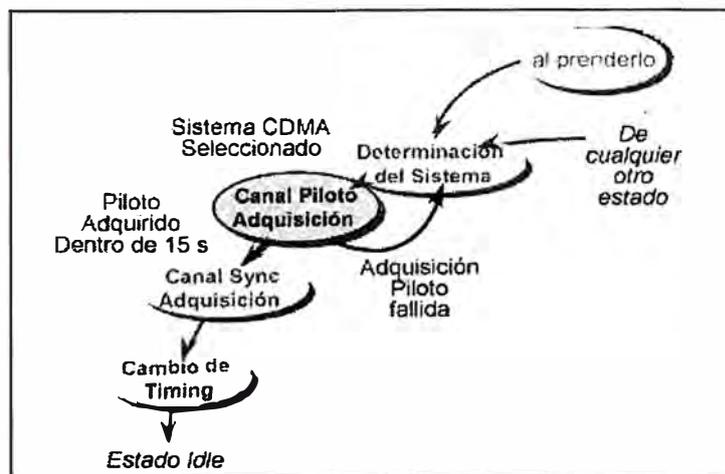


Fig. 3.3 Subestado de adquisición del canal piloto.

En el subestado de Adquisición del canal Sync (se llega ha este subestado si solo si el móvil ya cuenta con el canal piloto), el móvil debe correlar el mensaje de Sync dentro de 1

segundo, del canal de Sync obtenemos varios campos como por ejemplo la velocidad del paging y el campo de revisión de protocolos entre el móvil y el BTS , de ser exitoso este subestado el móvil se prepara para pasar al otro subestado (cambio de timing) de no ser así se genera una adquisición fallida de canal de Sync , y vuelve al subestado de determinación de sistema.



Fig. 3.4 Subestado de adquisición del canal de Sync.

En el subestado de cambio de timing, el móvil sincroniza su “long code” o código largo y el timing del móvil con el sistema CDMA. Una vez sincronizado el timing del sistema el móvil se pondrá en el siguiente estado después de la inicialización “IDLE”.

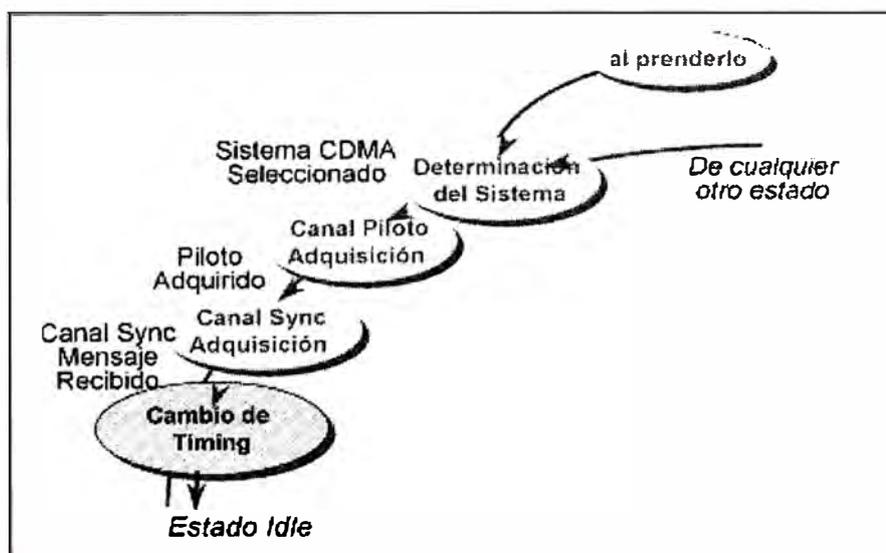


Fig. 3.5 Subestado de cambio de Timing.

3.4. Estado de IDLE del móvil

Cuando el móvil se encuentra en el estado de IDLE el Móvil efectúa las siguientes acciones.

- Puede recibir mensajes.
- Puede recibir llamadas entrantes.
- Puede Iniciar la transmisión de un mensaje.
- Puede iniciar el registro.
- Y puede hincar una llamada.

En el estado IDLE se tiene 11 procesos que puede efectuar el móvil:

- Monitoreo del canal de paging, puede hacerse en todo el tiempo o en un ciclo determinado.
- Proceso de reconocimiento (Acknowledgment) , este facilita el intercambio de mensajes del móvil al BTS.
- Procesos de Registros, se efectúan los registros (autónomos y no autónomos) definidos en el sistema a través del canal de paging.
- Procesos de IDLE Handoff , imaginemos que tenemos el móvil encendido pero no estamos recibiendo mensajes ni llamadas, pero estamos trasladándonos de la cobertura de una celda origen a una celda vecina, esta es la ejecución del IDLE Handoff.
- Respuesta de Información de encabezado o de overhead, consiste en la actualización de la información almacenada en el móvil.
- Operación de igualación de Page (Page Match), es un estado de verificación donde se verifica si el código corresponde al móvil.
- Operación de “Procesamiento de Orden y Mensaje” , este proceso es usada si solo si el móvil necesita enviar información al móvil en respuesta de una orden del sistema al móvil y debe darse en 300 mseg.
- Proceso de operación de originacion, este proceso es originado por el usuario para generar una llamada.
- Transmisión del “Data Burst Message” (envío de ráfagas de datos) , este proceso es opcional en el escenario donde el usuario dirige su móvil a transmitir una ráfaga de datos.

- El siguiente proceso es cuando el usuario apaga su móvil ese el proceso de “Power Down” donde el móvil actualiza sus datos y activa el registro de apagado , este proceso de apagado espera un par de segundos para poder enviar dicho registro esto es para evitar que en situación donde se presente perdida de señal se genere este registro (Ejm. Un sótano).
- El ultimo proceso que puede realizar el móvil es el de reasignación de parámetros y timer asociado con el TMSI (identidad del móvil en forma temporal) cuando esto se requiera, este proceso sucede cuando entramos en roaming.

3.5. Estado de acceso al sistema del móvil

Para Este estado venimos del estado de IDLE , en este estado (acceso al sistema) el móvil envía sus mensajes al la BTS a través de sus canales de acceso (canal de señalización hacia atrás) y recibe mensajes de la BTS sobre el canal de paging, este estado consta de varios subestados, todos estos subestados de muestran en el siguiente grafico.

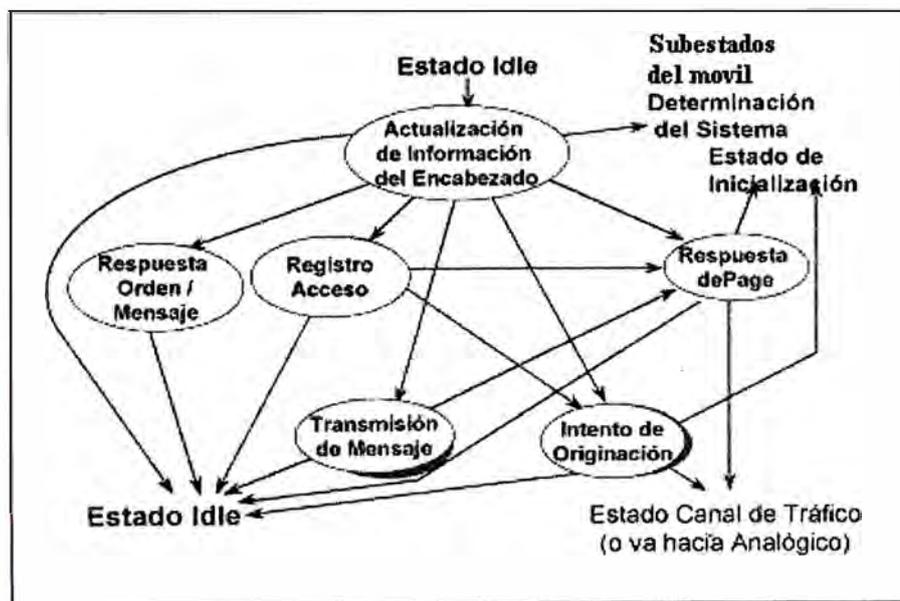


Fig. 3.6 Subestados del estado de acceso al sistema.

Entre los cuales podemos ver a los siguientes subestados:

- Actualización de información del encabezado.
- Respuesta Orden / Mensaje.
- Registro Acceso.

- Transmisión de mensaje.
- Intento de originación.
- Respuesta de Page.

Estos estado los analizaremos a continuación, segmentándolos como mostraran las siguientes figuras.

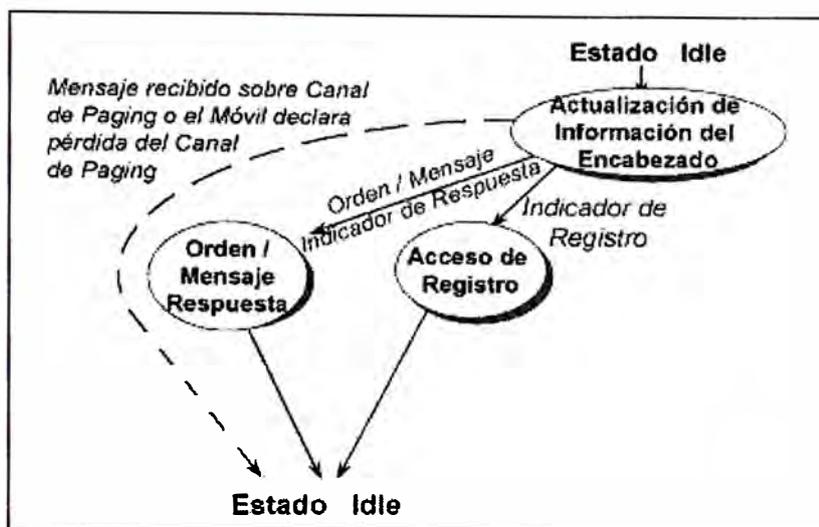


Fig. 3.7 Algunos subestados del estado de acceso al sistema.

En el subestado de “actualización de información del encabezado” el móvil monitorea el canal de paging hasta que haya recibido todos los mensajes de actualización de este encabezado para saber si tiene los últimos parámetros de acceso una vez realizado esto se setea el timer a 4 segundos si este timer expira entonces el móvil declara una pérdida de canal de paging por lo cual entonces el móvil volverá al estado de IDLE, si lo recibe dentro del timer el móvil se prepara para el siguiente subestado (Respuesta de Page) .

En el subestado Orden / Mensaje Respuesta el móvil envía una respuesta al mensaje recibido de la BTS si se recibe un reconocimiento o aknowlegment de respuesta al mensaje que se envió al móvil entonces termina el intento de acceso y vuelve al estado de IDLE.

El subestado Acceso de Registro, el móvil envía a través de un canal de acceso un mensaje de registró a la BTS entonces estará esperando un aknowlegment o reconocimiento que

envíe la BTS al móvil , en caso contrario de que no reciba dicho aknowledgment el móvil volverá al estado de IDLE.

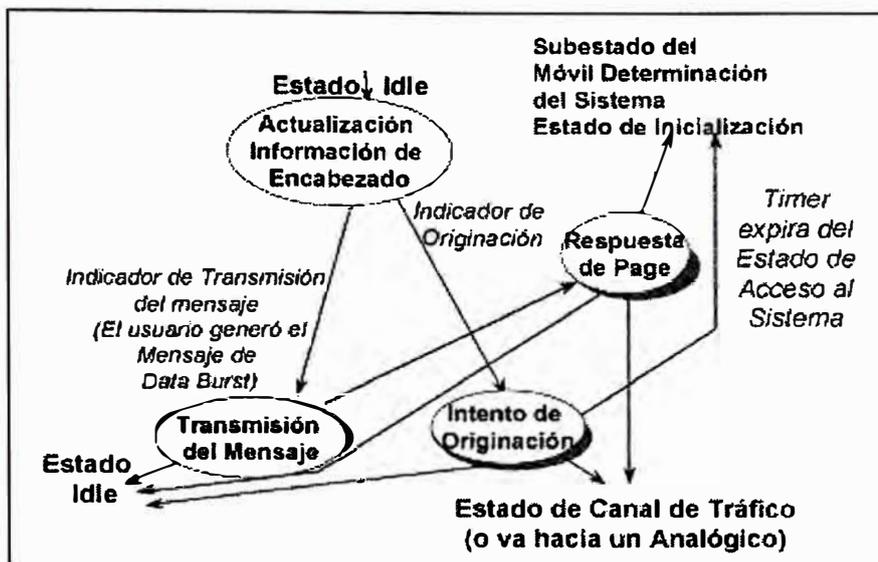


Fig. 3.8 Algunos subestados del estado de acceso al sistema.

En el subestado de “Intento de Originación” , el móvil se encarga de enviar un mensaje de originación al BTS que puede ya incluir los dígitos marcados del numero al que queremos llamar si el subestado termina satisfactoriamente el móvil entra a un estado de canal de trafico.

El subestado “Trasmisión del Mensaje” , el móvil envía un ráfaga de datos (Data Burst) hacia la BTS, si el móvil recibe respuesta un mensaje de Page entonces el móvil se ira al subestado de respuesta de page.

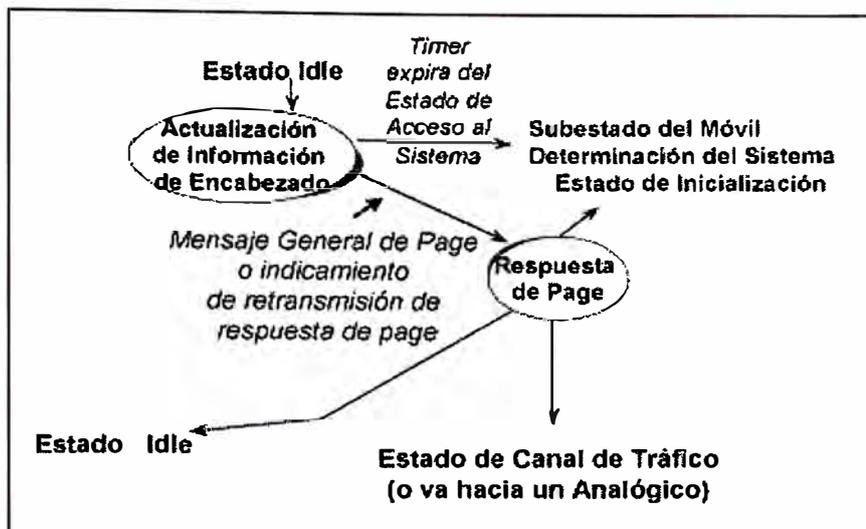


Fig. 3.9 Algunos subestados del estado de acceso al sistema.

En el subestado de “Respuesta de Page” el móvil reconoce que recibió el mensaje de Page por lo cual el móvil , si el timer del estado de acceso de sistema expira entonces el móvil volverá al estado de determinación de sistema.

En cualquiera de estos subestados que hemos analizados si el móvil ha declarado una pérdida del canal de paging entonces se deshabilita la transmisión y entra al estado de IDLE.

3.6. Estado de canal de trafico del móvil

Analizaremos ahora el estado de Canal de Trafico, el móvil viene del estado de IDLE donde se intenta realizar una llamada de ahí se pasa al estado de acceso del sistema luego entramos a este estado (Canal de Trafico).

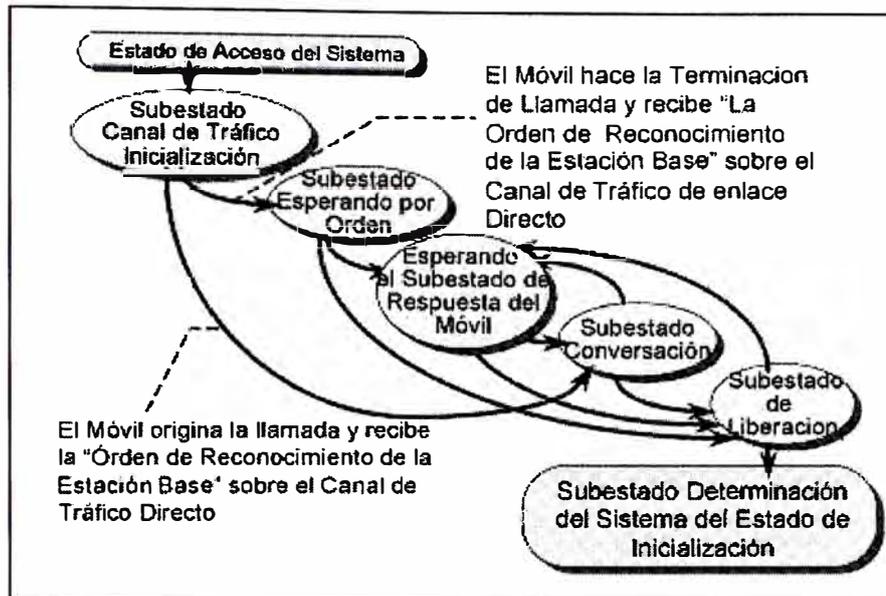


Fig. 3.10 Subestados del estado de canal de tráfico.

En el estado de canal de tráfico el móvil se comunica con la BTS usando tanto los canales de tráfico directos (BTS - Móvil) e inversos (Móvil - BTS), este estado de canal de tráfico realizara el control del móvil , este estado consiste de los siguientes subestados:

- Subestado Canal de Tráfico Inicialización.
- Subestado Esperando por orden.
- Esperando el subestado de respuesta del móvil.
- Subestado de conversación.
- Subestado de liberación.

Al terminar el móvil regresa al subestado determinación de sistema del estado de inicialización.

En el subestado de Canal de Tráfico Inicialización, el móvil verifica que puede recibir este canal de tráfico directo que viene de la BTS y comienza la transmisión sobre el canal de tráfico inverso.

En el segundo subestado “Subestado Esperando por Orden”, el móvil hace la terminación de llamada y hace la función de reconocimiento de la estación base.

En el estado de “Subestado Conversación” es el estado donde se esta realizando la llamada y recibe la orden de reconocimiento de estación base.

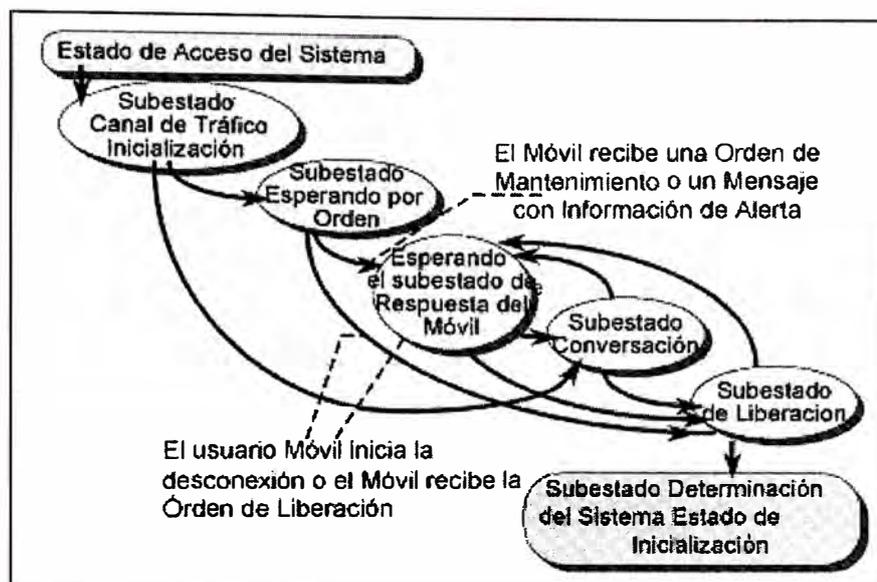


Fig. 3.11 Subestados del estado de canal de tráfico

En el subestado esperando el subestado de respuesta del móvil, el móvil recibe una orden de mantenimiento o un mensaje con alguna observación de alerta.

El subestado de liberación, es donde el usuario del móvil inicia la liberación del canal de tráfico (cuando el móvil llamado colgó).

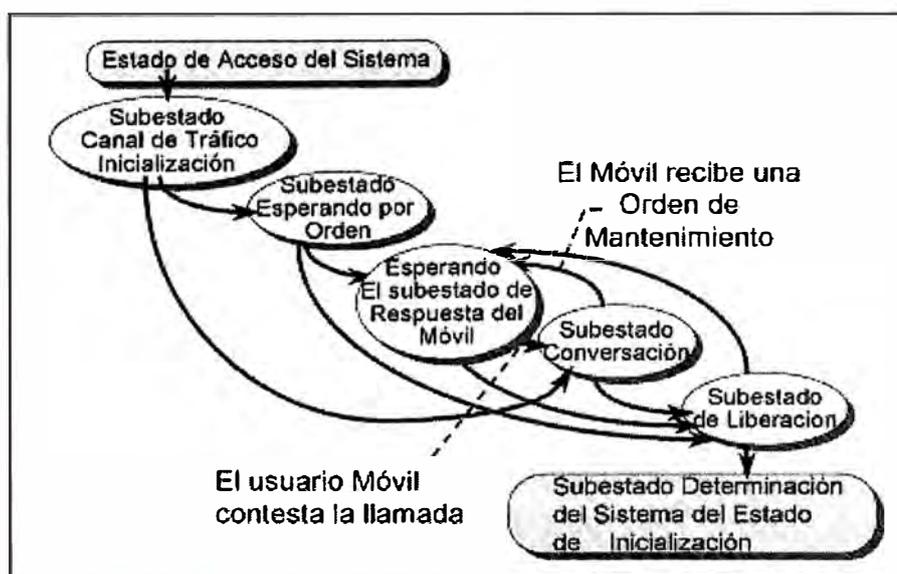


Fig. 3.12 Subestados del estado de canal de tráfico.

En el estado de Respuesta del móvil, es cuando el móvil espera que el otro móvil responda (cuando escuchamos el ringtone en el móvil llamante) o en su defecto recibimos en este estado una orden de mantenimiento.

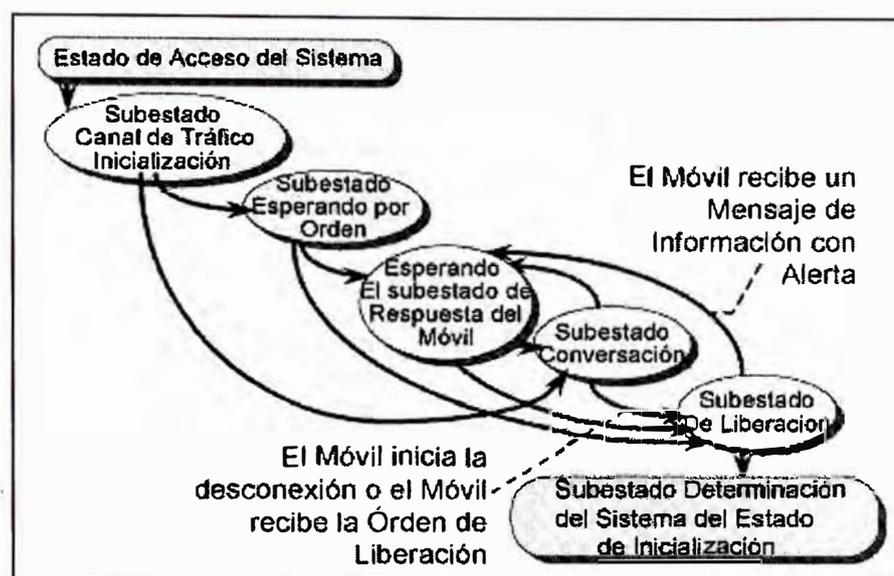


Fig. 3.13 Subestados del estado de canal de tráfico.

En el subestado de conversación el móvil intercambia tramas con la BTS usando los canales de tráfico, o en su defecto el usuario del móvil inicia la liberación o el sistema envía el registro de liberación al móvil.

Durante la operación de este canal de tráfico el móvil y la BTS se comunican a través de intercambio tramas entre los canales de tráfico, este conjunto de atributos se conoce como configuración de servicio, esta configuración se compone de las siguientes partes: opciones de multiplexación directas e inversas, velocidades de transmisión del canal de tráfico directo e inverso y conexiones de opción de servicio.

Asociadas con estas opciones de servicio se tiene asociada (valga la redundancia) la opción de servicio (donde se define la ruta que va a llevar el tráfico), el tipo de tráfico ya sea del canal de tráfico directo o inverso (se especifica los tipos de tráficos utilizados ya sea una vía o dos vías) y Opción de servicio referencia de conexión (proporciona un medio para identificar únicamente la conexión de servicio).

Si hablamos de la negociación de servicio nos referimos que si para el móvil o la BTS no es aceptable esta configuración de servicio, entonces uno u otro (BTS o móvil) comienzan a proponer una configuración alternativa de servicio con el fin de encontrar un punto de acuerdo, la negociación se lleva a cabo hasta que se encuentre un acuerdo entre la BTS y el móvil.

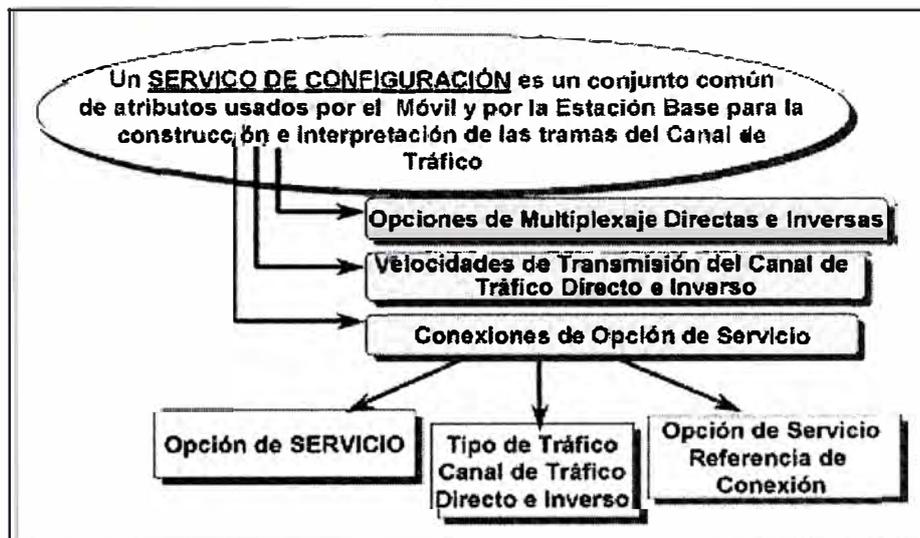


Fig. 3.14 Configuración de servicio y negociación.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE LOS CANALES DIRECTOS DE TRAFICO, PILOTO, SINCRONIA Y PAGING

4.1. Objetivos

Los objetivos del presente capitulo son escribir la función de los canales de trafico directos, como son generados y sus principales parámetros de modulación.

Discutir la funcionalidad del control de potencia “Power Control” e identificar como se incorpora a la señal trasmitida. Demostrar como se efectúa un esparcimiento (spreading) y la desmodulación de una señal compuesta por 3 diferentes canales binarios.

Identificar las características de las señales compuestas I (en fase) y Q (cuadratura) e identificar el propósito de la etapa de eliminación de símbolos (Symbol Puncturing) aplicado al procesamiento de voz con vocoder de 13 Kb.

Describir la función del canal piloto y como es generado, identificar los diferentes códigos PN y como se usa el PN offset en el sistema CDMA.

Describir la función y generación de los canales de sincronía y paging. Identificar los principales parámetros de modulación de los canales de sincronía y paging.

Analizar la estructura de los canales de sincronía y paging, identificar los mensajes de sincronía y paging.

Identificar los diversos tipos de mensajes de encabezamiento (overhead) dirigidos, enviados por el móvil a la estación base sobre le canal de paging.

4.2. Canales directos de tráfico CDMA

Usados para la transmisión de voz y señalización hacia un móvil específico durante la llamada. Recordemos que tenemos hasta 64 canales, por lo tanto para obtener el número de canales de tráfico hay que restar un canal piloto, uno de sincronía y de 1 a 7 canales de paging. Esto deja cada frecuencia o carrier con al menos 55 canales teóricos por sector (si solo si se usa un solo canal de paging); los canales de paging no usados a máxima cantidad significan 6 canales adicionales de tráfico porque mínimo debe tener un canal de paging.

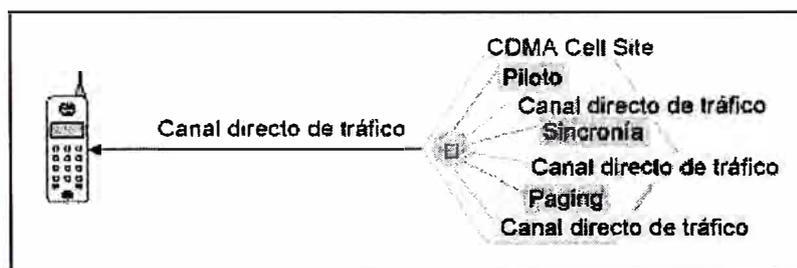


Fig. 4.1 Canales directos de tráfico.

Ahora veremos como se generan estos canales de tráfico directos:

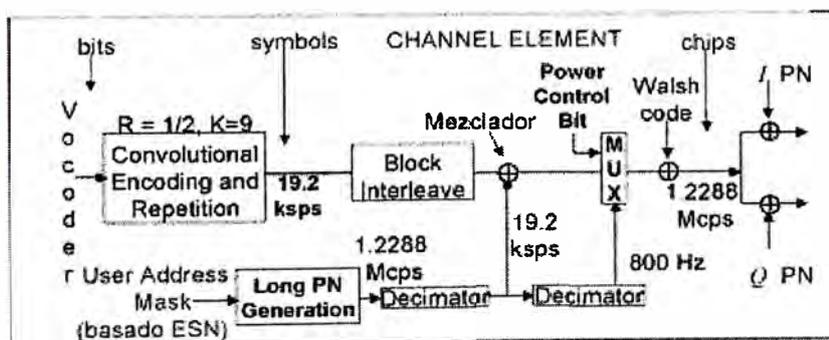


Fig. 4.2 Generación de canal directo de tráfico con vocoder de 8 Kb.

Como muestra en la figura anterior esta generación de canales está realizada en el "Channel Element" (es parte de un módulo en la BTS encargado de la generación de CDMA). Pasaremos a explicar cada uno de los bloques que lo conforman.

El Vocoder se efectúa en el BSC a través de DSP (localizado en el BSC) y nos entrega dos velocidades diferentes dependiente del tipo de vocoder que estamos usando (8 Kb o 13 Kb)

, para un vocoder de 8 Kb estamos hablando de un full rate de 9600 bps y 8-rate de 1200 bps, y para un vocoder de 13 Kb hay un full rate de 14400 bps y 8-rate de 1800 bps.

Para seguir la secuencia hablaremos que el vocoder nos proporciona 9600 bits como salida del vocoder, estos bits entran al “convolution encoder and repetition” este encoder va a tener una tasa convolucional de $R = \frac{1}{2}$ y una constante convolucional de $K=9$, notemos que a la salida de este bloque (encoder convolucional y repetitivo) no tenemos los mismos bits que entro al mismo, si no ahora los tendremos como símbolos, en la figura muestra que como salida tenemos 19.2 Kspd (kilo Símbolos por segundo).

El siguiente bloque es el “Block Interleave” (intercalador de bloques), recibe un bloque de 19200 símbolos por segundo y se encarga de descomponer la secuencia ordenada que traía e intercalar la información de tal manera que si se llegara a perder digamos 6 datos en forma consecutiva no afectaría demasiado porque estoy intercalando la información, esos 6 datos no pertenecen a grupos consecutivos si no mas bien pertenecen a datos desordenadas.

Ahora esta secuencia de datos desordenados entra a un mezclador (OR exclusiva) y mezcla con la señal que viene de la parte inferior del grafico mostrado que es la generación del “long PN” (cuya función es mezclar datos), recordemos que esta generación de long PN esta basada en el ESN (Electronic Serial Number) la salida del generador long PN será de 1.2288 Mcps (mega chips por segundo) y pasara un decimator (que es un divisor Ej. $1.2288 / 64 = 19.2$ Ksps).

Por lo tanto se mezclan los 19200 sps que vienen del long PN y los 19200 sps que vienen del bloque intercalador, y el resultado sale hacia un Mux, en este Mux se coloca a cada 800 Hz (800 veces por segundo) un Power Control BIT (BIT de Control de potencia), el objetivo de este BIT se control de potencia es estandarizar o homogeneizar a todos los demás móviles que están en el sistema (para que ninguno este mas bajo o mas alto que el otro) porque si uno esta mas alto me esta generando interferencia cosa que reduciría la cantidad de usuarios que tendría en el sistema CDMA.

Luego la salida del Mux pasan de vuelta por otro mezclador (OR exclusivo) y se mezcla con el código de Walsh (64 códigos de Walsh posibles , cada uno con longitud de 64 bits) la salida del mezclador será de 1.2288 Mcps (mega chips por segundo) , eso quiere decir por cada símbolo que entre al mezclador le corresponderán 64 chips ($19200 \text{ sps} \times 64 \text{ chips} = 1.2288 \text{ Mcps}$).

Luego son separados en sus componentes en fase (I) y cuadratura (Q) , para su posterior modulación .

Revisaremos el codificador convolucional con mayor detalle a continuación:

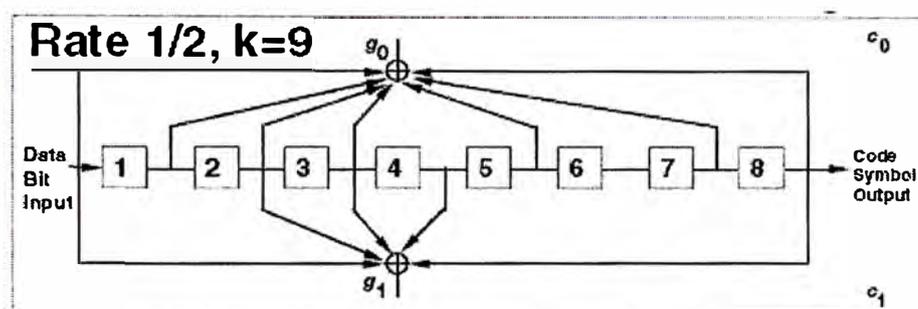


Fig. 4.3 Codificador convolucional rate = 1/2 y K = 9.

Este codificador convolucional tiene una tasa de 1 a 2 (esto quiere decir que por cada BIT de entrada se tendrá en la salida dos símbolos que en este caso son C_0 y C_1).

El símbolo es tomado a la salida de C_0 y C_1 , los bits originales son entonces duplicados.

Los símbolos son generados a medida que los bits pasan a través del codificador tomando en cuenta los valores de todos los registros y cada BIT de información contribuye a multiplicar los símbolos generados por dos , esto sirve para tener cierta redundancia de información para casos donde se pierda algún símbolo.

El patrón de Inter-relaciones ayuda a la detección y corrección de errores.

La efectividad del codificador convolucional y decodificador Viterbi (constructor de la señal original) para detectar y corregir errores depende del valor de "K" y la tasa (Rate) del codificador "R".

La constante K se refiere a la longitud en registros del codificador ($K=9$), Entre mas grande la constante mas eficiente es la correlación de ráfagas, adicionalmente la repetición de símbolos contribuye al control de potencia.

La repetición de símbolos genera un flujo constante hacia el block interleaver, los símbolos de menor velocidad del vocoder tienen menor potencia (porque no tiene sentido asignarle a los silencios o los ruidos de fondo gran despliegue de energía el cual seria un desperdicio).

En la siguiente figura se muestra como la energía va disminuyendo de acuerdo se vaya disminuyendo la velocidad de símbolos.

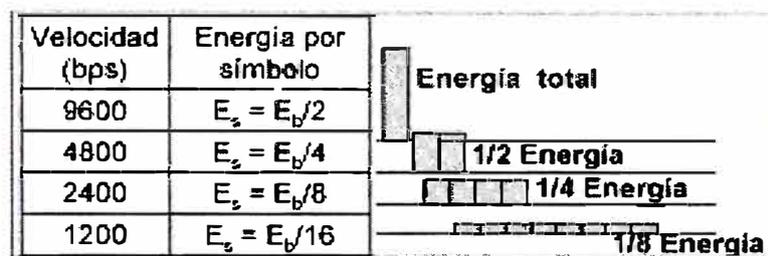


Fig. 4.4 Repetición de símbolos y manejo de la energía para velocidades de símbolos.

Recordemos también que el vocoder genera 9600 bps para trafico y 1200 bps para silencios.

La energía de BIT debe mantenerse constante cuando esta se integre, como estoy disminuyendo la energía para silencios entonces estoy disminuyendo el ruido que se puede generar en el sistema y esto definitivamente decrementaria la calidad de la señal

Si este ruido es grande entonces impactara en le sistema reduciendo la cantidad de usuarios simultáneos (disminución de capacidad).

Ahora estudiaremos el “Block Interleaver” o intercalador de bloques:

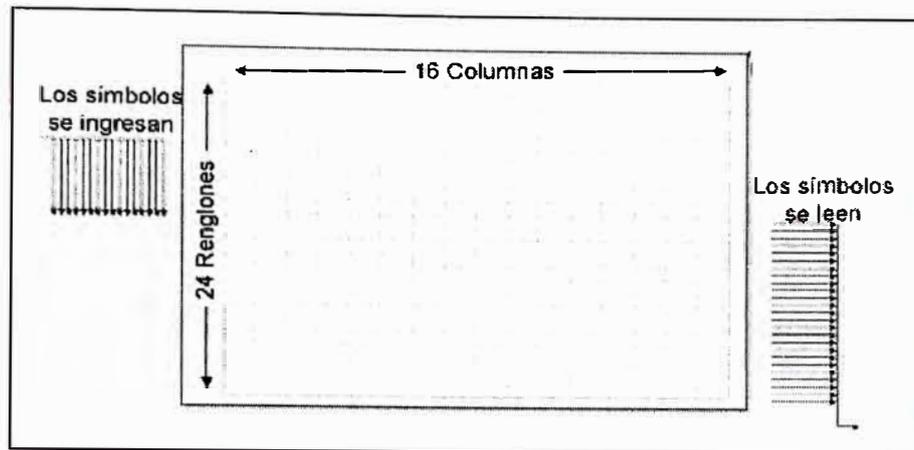


Fig. 4.5 Arreglo del bloque intercalador (Block Interleaver).

Observamos en la figura que existen 24 renglones por 16 columnas el cual nos da 384 símbolos.

Los 384 símbolos contenidos en una Trama son vaciados en un arreglo de intercalación de bloques ordenados por columnas de izquierda a derecha.

Los símbolos de salidas son leídos por filas de arriba hacia abajo.

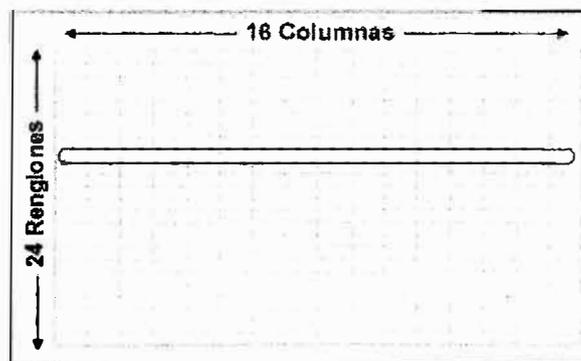


Fig. 4.6 Arreglo del block intercalador (Block Interleaver).

Los símbolos contiguos son separados, con esta separación se combate los efectos del fading rápido (desvanecimiento de la señal) donde se pierde momentáneamente la señal, si un error de ráfaga ocurre (el área marcada) después del proceso de Interleaving cuando el móvil restablezca el orden original, procesara errores pequeños esparcidos y no grandes errores adyacentes.

Para entender de una manera mas practica el interleaving realizaremos un ejemplo practico para el cual nos ayudaremos del siguiente grafico:

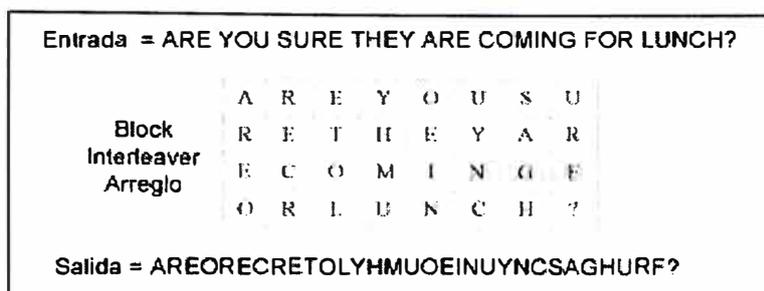


Fig. 4.7 Ejemplo del interleaving.

En el grafico se muestra que la entrada al block intercalador es la siguiente frase “ARE YOU SURE THEY ARE COMING FOR LUNCH ?”, lo que realiza el block intercalador es acomodar todas las letras en la filas ordenados de izquierda a derecha, en la salida del block se leerá las columnas de arriba hacia abajo por lo tanto en la salida tendremos AREORECRETOLYHMUOEINUYNCSAGHURF? (un completo desorden en la frase entrante).

En la siguiente figura realizaremos una simulación de que existe errores en la recepción de la frase:

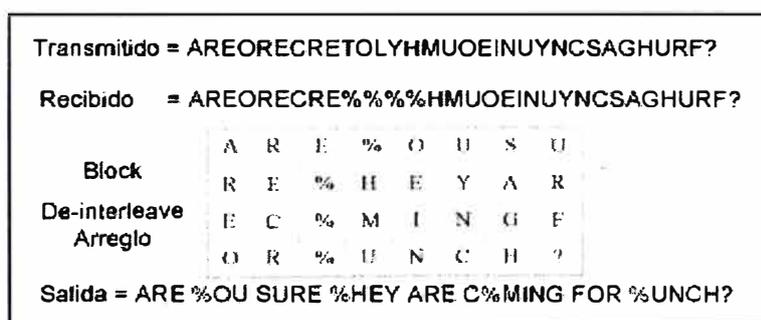


Fig. 4.8 Ejemplo del de-interleaving con errores en la información transmitida

Asumamos que existió un desvanecimiento rápido (fading lento o rápido) que haría perder la señal en instantes imaginemos que se pierde alguna información Ej. AREORECRE% % % %HMUOEINUYNCSAGHURF? Es la información recibida por el bloque De-interleaving y el símbolo (%) representa el símbolo perdido.

En el bloque De-interleaving tiene un arreglo de forma inversa (entrada por columnas y salidas por renglones).

En la casillas del grafico anterior donde aparece los símbolos (%) son las símbolos perdidos, aun teniendo errores estos pueden ser esparcidos fuera de tiempo minimizando los efectos causados.

Si reconstruimos la señal o procesando la información de este bloque De-interleaving Obtenemos ARE %OU SURE %HEY ARE C%MING FOR %UNCH?

Se observa que aun cuando se haya perdido una ráfaga de datos (paquete de datos) realmente a la recepción no cuesta tanto problema reproducirlo a diferencia de que se hubiera perdido la palabra FOR LUNCH , palabra que haría inconsistente la oración completa.

El otro proceso importante es el mezclado de Datos (Data Scrambling), simbolizado en la Fig. 4.2 como el OR exclusivo.

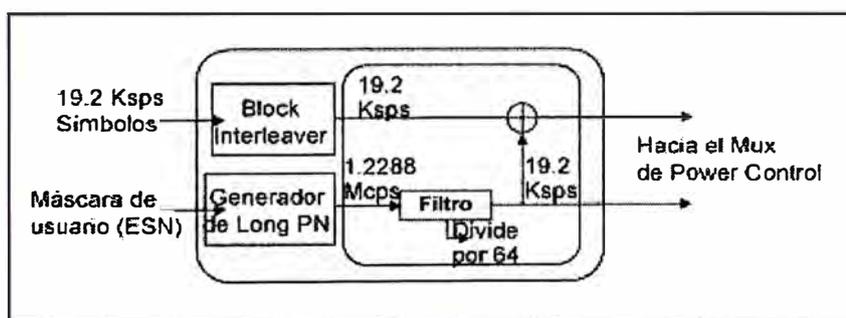


Fig. 4.9 Mezclador de datos.

Tenemos como entrada los 19.2 Ksps del block Interleaver por una parte y por otro lado el código largo (Long PN) del usuario que es generado a 1.2288 Mcps.

El código largo del usuario pasa a través del decimador o filtro , el cual lo divide entre 64 y se obtiene una salida de 19.2 Ksps.

Entonces se mezcla los 19.2 Ksps del generador del Long PN con el los 19.2 Ksps que salen desordenados del block interleaver.

Lo que hace es aleatorizar los datos transmitidos (se elimina grupos contiguos de 1's y 0's) y elimina también el reuso de piloto evitando que el móvil confunda otra señal con el mismo offset. La salida del mezclador va hacia el mux de power control.

El subcanal de Power Control recibe la información mezclada y luego se accesa cada 800 veces por segundo (que sale de un filtro, mostrado en el siguiente grafico) para tener en sincronía al mux (se añade 800 bits cada segundo).

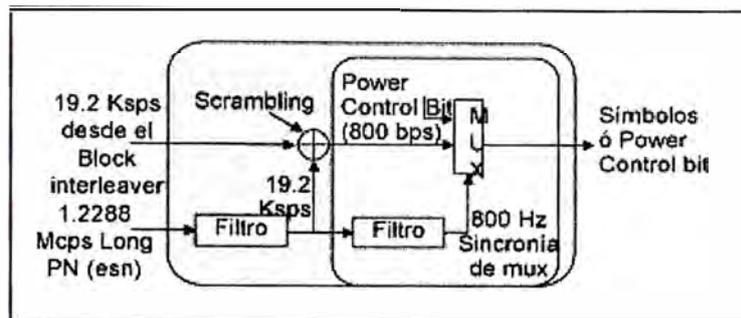


Fig. 4.10 Subcanal de power control.

La radiobase estima la potencia recibida del móvil cada 1.25 mseg (800 veces cada segundo), esto quiere decir que cada 1.25 ms la BTS recibe del móvil el nivel de potencia al que esta transmitiendo.

Un subcanal de power control es transmitido constantemente, el cual es un comando de incremento / decremento de potencia es transmitido a 800 veces / seg.

Un ejemplo seria si el móvil envía al BTS su nivel de potencia y este es mayor, la BTS entonces envía el power control avisándole al móvil que su nivel de potencia es alto y debería reducirlo, los saltos de incremento y decremento son pasos de 1 dB.

Una vez que ya fue insertado el power control BIT para controlar la potencia de todos los móviles, para que no me genere interferencia en mi sistema. Revisaremos el bloque de esparcimiento ortogonal.

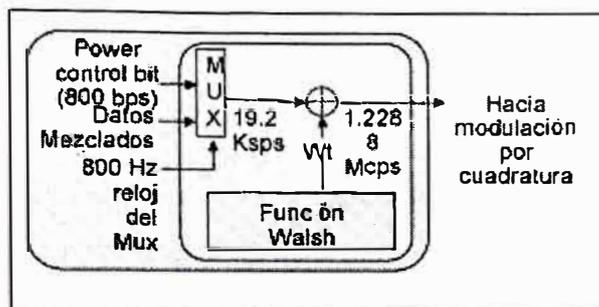


Fig. 4.11 Esparcimiento ortogonal.

El esparcimiento es ortogonal porque es una de las características de los códigos de Walsh (códigos ortogonales y con correlación igual a cero).

Cada símbolo entregado por el mux es combinado con los 64 chips del código Walsh asignado. Por o tanto si multiplicamos 19.2 Ksps por 64 chips por símbolo tendremos una velocidad de 1.2288 Mcps (Mega Chips por Segundo).

Recordemos que el código Walsh nos permite identificar a cada canal de forma diferente.

Esta información ya puede ser enviada hacia la modulación por cuadratura para separar la fase I y la fase Q.

Veamos un par de ejemplos:

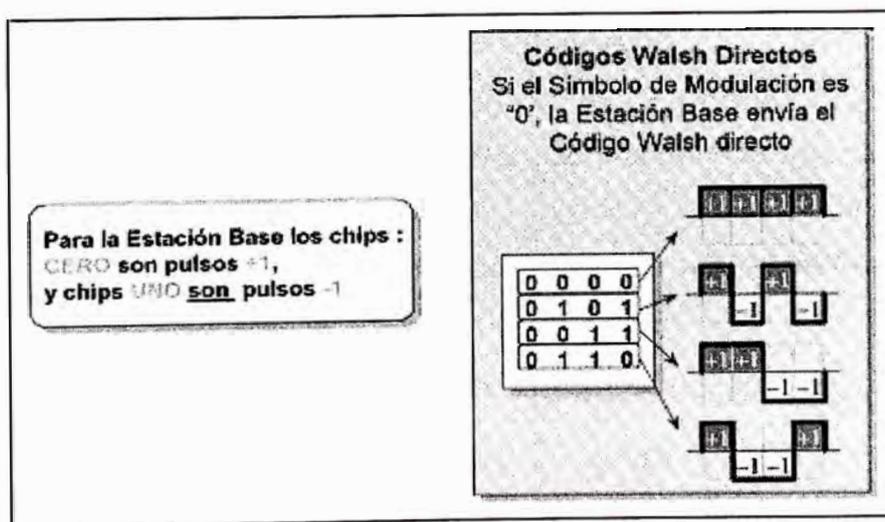


Fig. 4.12 Códigos Walsh directos.

Para la Estación Base los chips: CERO son pulsos de voltaje +1, y chips UNO son pulsos de voltaje -1.

La regla es: si el símbolo es "0", cada BIT en el código Walsh permanece sin cambio y si el símbolo es "1", cada BIT en el código Walsh es invertido.

El objetivo es hacer la señal indescifrable ,porque el que lo intente no sabrá si la señal esta en su forma original o ya fue invertida. El ejemplo claramente se puede ver en el recuadro azul del grafico anterior.

Ahora veremos los códigos de Walsh negados, para la Estación Base los chips CERO son pulsos de voltaje +1, y chips UNO son pulsos de voltaje -1.

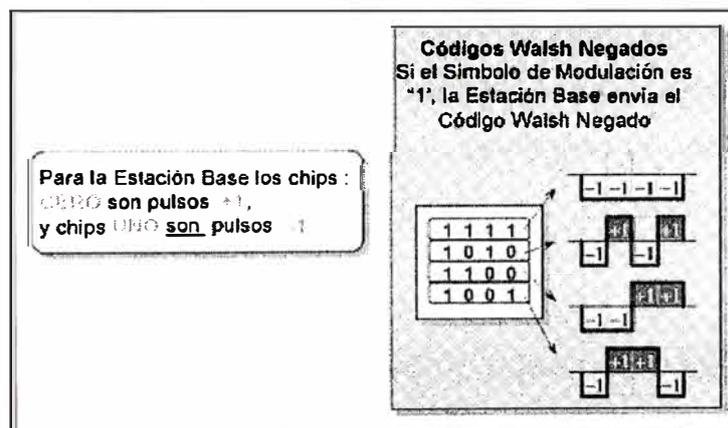


Fig. 4.13 Códigos Walsh negados.

Observemos el recuadro azul del grafico anterior que nos muestra que cada símbolo de modulación es "1", la estación base envía el código Walsh en forma negada negado.

Ahora analizaremos un ejemplo para ver como se genera una señal compuesta, para el cual nos ayudaremos del siguiente grafico.

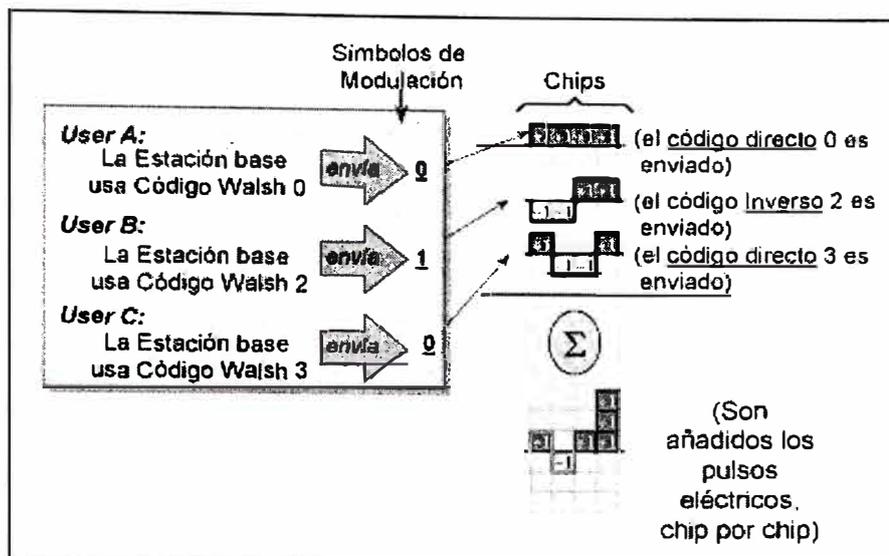


Fig. 4.14 Señal compuesta.

No olvidemos que “0” representa +1 y “1” representa -1; si vemos al usuario A (supongamos que la BTS usa el código de Walsh 0) por tanto deja pasar el código directo con voltajes +1 (todos), en el usuario B esta usando el código de Walsh 2 y símbolo de modulación 1 el cual el código será inverso como se observa en grafico, el usuario C que usa el código de Walsh 3 y símbolo de modulación es 0 por tanto se generan un código directo.

Todas estas señales son sumadas o son añadidos los pulsos eléctricos chip por chip, veamos la parte superior de esta sumatoria y centrémonos en las primeras columnas donde tenemos +1, -1 y +1 la sumatoria de estas es +1.

En la segunda columna tenemos +1, -1 y -1 la sumatoria es -1, en la tercera columna tenemos +1, +1 y -1 la sumatoria es +1, en la cuarta columna tenemos +1, +1 y +1 cuya sumatoria es +3.

Todos estos resultados se muestran en la parte inferior del grafico, esto es solo para un símbolo, ahora veremos para un conjunto de bloques.

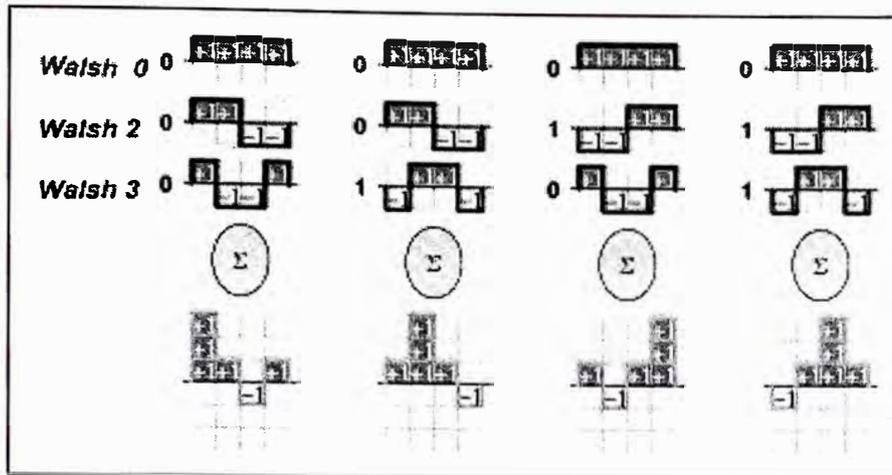


Fig. 4.15 Construyendo bloques de señales compuestas.

Veamos que tenemos todos los códigos mezclados pero solo se envía un símbolo de información como se ve en el gráfico, tenemos el primer usuario que usa el código Walsh 0 y transmite los símbolos 0000, luego el segundo usuario usa el código Walsh 2 transmitiendo los símbolos 0011 y el tercer usuario que usa el código Walsh 3 transmitiendo los símbolos 0101.

Construyendo los mismos bloques, siguiendo la forma de la Fig. 4.14, obtenemos los símbolos transmitidos (parte inferior del gráfico anterior).

Ahora realizamos lo mismo pero con símbolos de modulación diferentes.

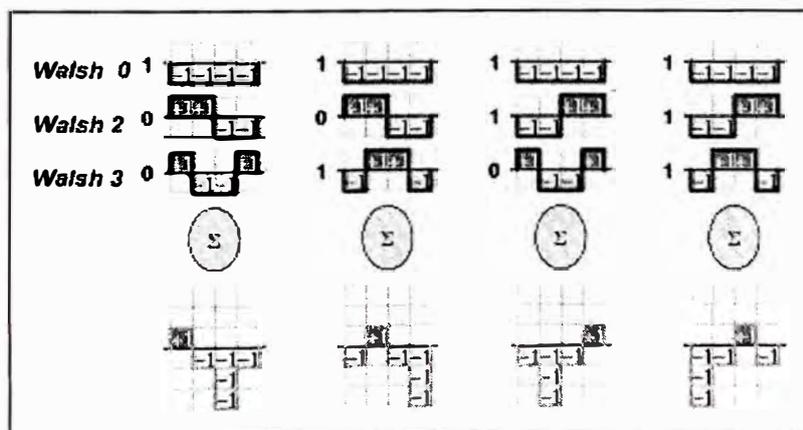


Fig. 4.16 Construyendo bloques de señales compuestas.

Observamos el resultado de la sumatoria de estas señales en la parte inferior del grafico.

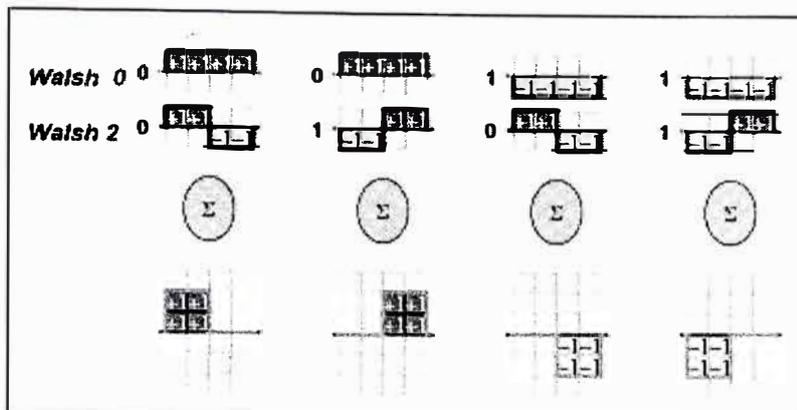


Fig. 4.17 Construyendo bloques de señales compuestas.

En el esparcimiento de estas tres secuencias, La estación Base constantemente envía las secuencias de símbolos de modulación mostrados a la izquierda, a usuarios “A”, “B” y “C”; usando códigos Walsh “0” ,”2” y “3” , respectivamente, mientras que no se envía nada usando el código Walsh “1”.

La estación base constantemente envía símbolos de modulación a los usuarios A, B y C independientemente cual sea el código Walsh.

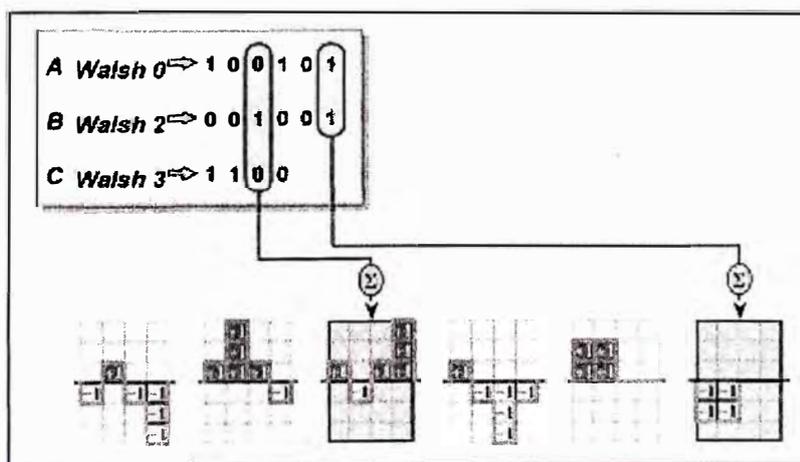


Fig. 4.18 Esparcimiento tres secuencias.

Ahora veremos que es lo que pasa en la extracción de la señal, para extraer el código del canal directo CDMA desde la señal compuesta se hace lo siguiente:



Fig. 4.19 Extracción de código del canal desde la señal compuesta .

- XORear, chip por chip , la señal compuesta con el código Walsh que fue usado para codificar la información para este canal (deben ser exactamente el mismo código de Walsh para poder extraer la señal).
- Integrando (add up) resultando 0's y 1's.
- Si el resultado esta cercano a N por 1, concluye que un 1 fue enviado.
- Si el resultado esta cercano a N por 0, concluye que un 0 fue enviado.
- Si el resultado esta cercano a $N/2$ por 0 y $N/2$ por 1, se concluye que no hubo señal enviada.

En la grafica anterior vemos que tenemos a la señal 0011 y a la señal 0101 los XORearmos el cual nos da como resultado 0110, al lado derecho tenemos la señal compuesta un 1, un 0, un 1 y tres 1's adicionalmente tenemos al XOR 0110.

Hacemos una sumatoria de estas dos señales y obtenemos la resultante con mayor parte de 1's por tanto se concluye que un 1 fue enviado.

Veamos un procedimiento equivalente en la siguiente figura:

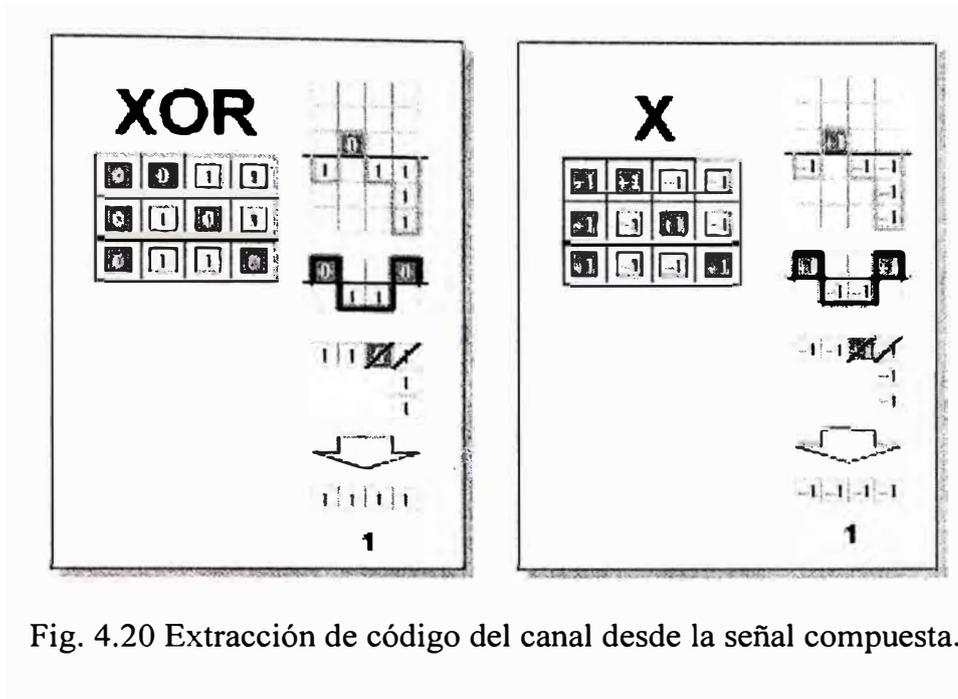


Fig. 4.20 Extracción de código del canal desde la señal compuesta.

Se representa 0's por +1's y 1's por -1's, luego multiplicamos por el código de Walsh en lugar de XORearlo.

El cuadro Izquierdo del la Figura 4.20 es el ejemplo que ya realizamos, el cuadro del lado derecho es otra alternativa , pero con semejante resultado.

Ahora en el Des- esparcimiento , para este caso lo realizaremos para el usuario "A" que usa el código de Walsh 0 , cuyo dato enviado para "A" es 100101.

Si usamos el proceso equivalente de la multiplicación y aplicamos el método tendremos como resultado lo siguiente:

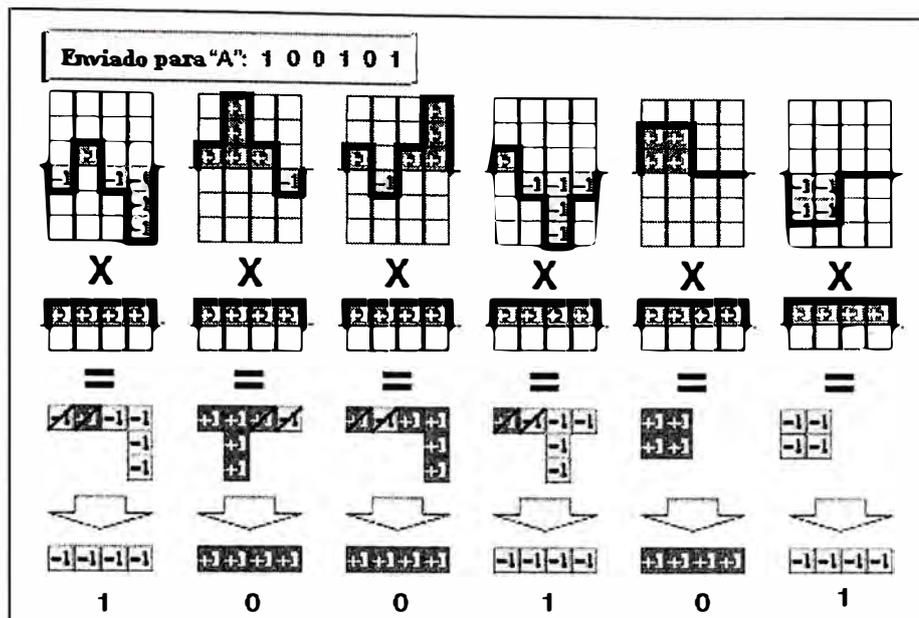


Fig. 4.21 De-esparciento del tráfico enviado por A (usando el código Walsh 0).

El código De-esparcido por lo tanto será de: 100101 igual al código enviado para A.
Para el usuario B también se realizara de forma similar, que para el usuario A:

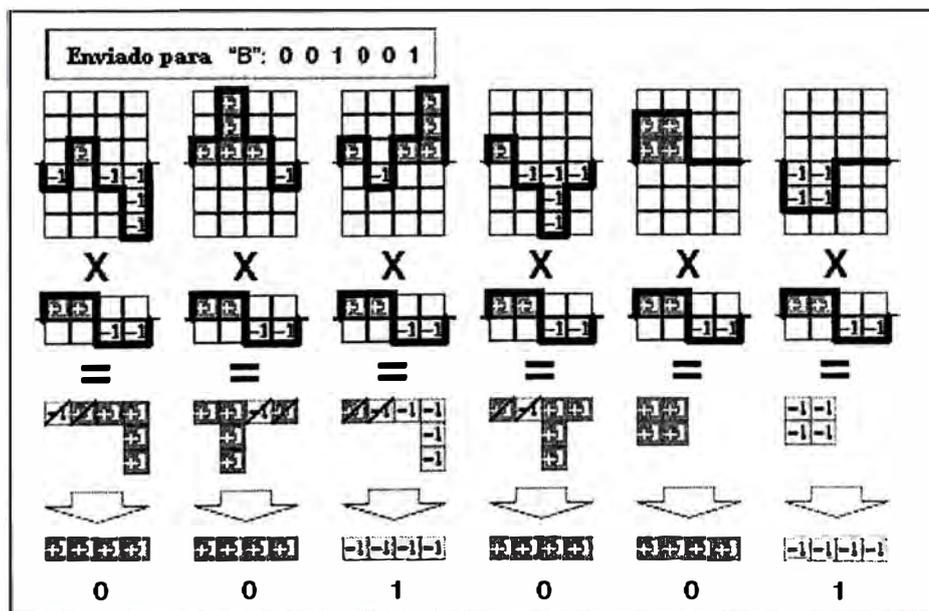


Fig. 4.22 De-esparciento del tráfico enviado por B (usando el código Walsh 2).

El código De-esparcido por lo tanto será de: 001001 igual al código enviado para B.
Para el usuario C también se realizara de forma similar, que para el usuario A o B:
El usuario solo envió 4 símbolos y no 6, por lo tanto el sistema

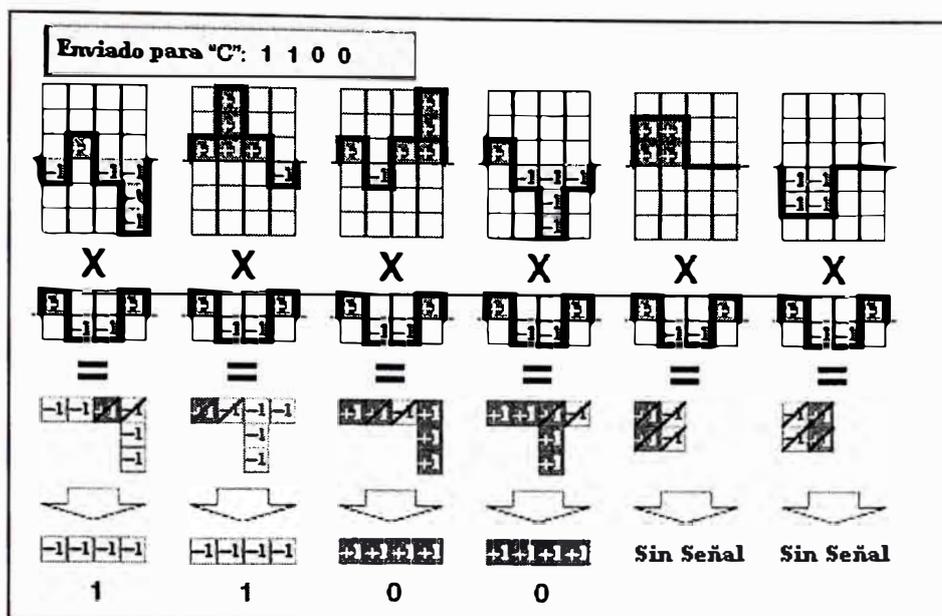


Fig. 4.23 De-esparcimiento del trafico enviado por C (usando el código Walsh 3).

Como no se envió 6 símbolos sino 4 , los dos ultimas De -esparcimientos no se contara con señal, por tanto se interpretara que no existe señal enviada.

Como resultante se tiene que la información enviada a C es: 1100.

Por lo tanto ya vimos como se genera esta señales compuestas y como se De-esparce la señal para obtener la información original transmitida.

Ahora explicaremos el ultimo proceso dentro del Chanel Element el esparcimiento en cuadratura y filtraje BandaBase.

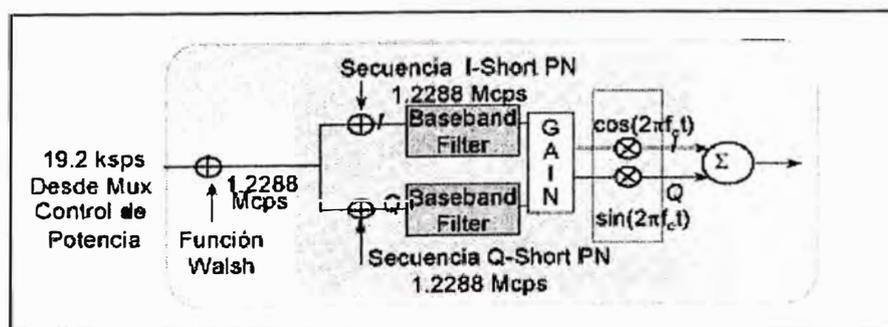


Fig. 4.24 Esparcimiento en cuadratura.

La salida del mezclador (1.2288 Mcps), se combina con dos secuencias de PN diferentes (I y Q), luego pasas estas señales de 1.2288 Mcps a un filtro de BandaBase porque esta señal de 1.2288 Mxps esta representando mi BandaBase la banda donde se obtiene la información.

El canal de trafico directo se combina de dos secuencias PN diferentes : I y Q, El filtraje de Banda Base asegura que las formas de onda sean contenidas dentro del rango de frecuencias de 1.25 MHz.

El paso final es convertir las 2 señales de BandaBase a radio frecuencia (RF) en el rango de 800 MHz o 1900 MHz.

Revisaremos los componentes de I y Q:

- Cada Chanel card (una de las tarjetas que compone el chanel element modul), tiene un combinador que trabaja dentro de un arreglo para modular las señales I (fase) y Q (cuadratura) , contra todos los canales directos para este sector.
- Las portadoras I y Q para todas las channels cards son enviadas al modulo CORE (multiplexor) para ser multiplexado en su respectivo offset.
- Esto asegura que un móvil no decodifique una señal con el mismo código Walsh de otra radio base

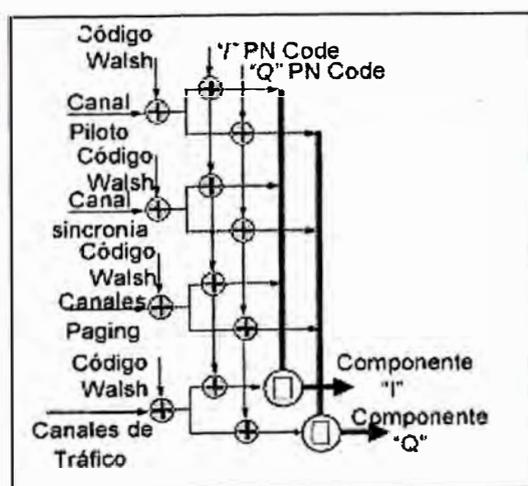


Fig. 4.25 Componentes I y Q.

La modulación fase cuadratura, Del Chanel card esta llegando a 1.2288 Mcps esta llegando las componentes I y Q, donde se encuentra la sumatoria de I esta será la banda base de I y donde esta la sumatoria de Q esta será la banda base de Q.

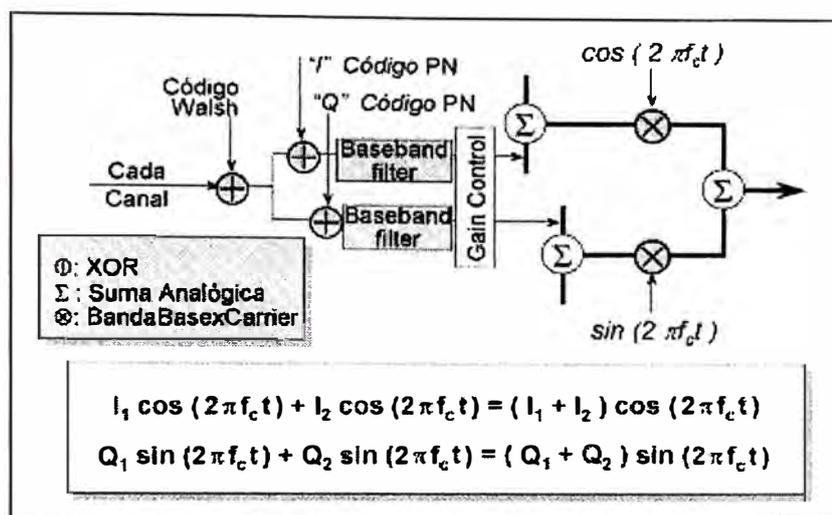


Fig. 4.26 Modulación en fase de cuadratura (QPSK).

Estas dos bandas base son pasadas a través de un filtro de banda base, esta suma de componentes se muestran en la parte inferior del grafico anterior.

Realizaremos el mapeo de transiciones de fase I y Q, para tal tenemos al eje Y como Q y al eje X como I.

La modulación se deberá efectuar en QPSK (Modulación de fase por desplazamiento de cuadratura), el desplazamiento de fase será cada $\pi/4$ entonces tendremos ($\pi/4$, $3\pi/4$, $3\pi/4$, $-\pi/4$), en cada una de las fases se tiene dos datos estos se modulan y solo se envía uno, podemos tener cuatro fases los cuales serian (0,0), (1,0), (1,1) y (0,1).

En la tabla de la parte inferior del siguiente grafico se muestran las componentes I y Q con su respectiva Fase.

Para (0,0) estamos en $\pi/4$, (1,0) estamos en $3\pi/4$, (1,1) estamos en $-\pi/4$ y para (0,1) estamos en $3\pi/4$.

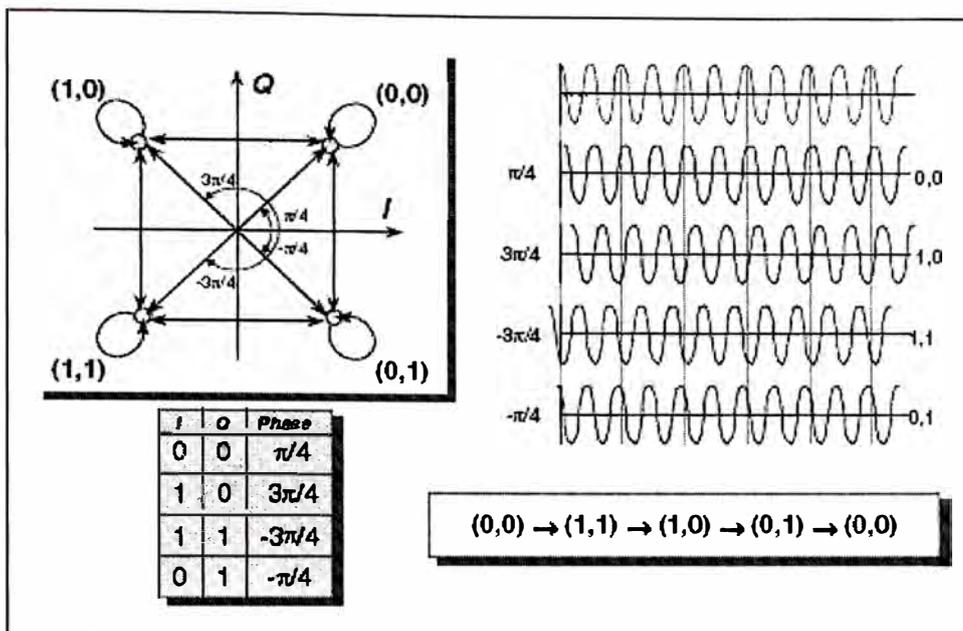


Fig. 4.27 Mapa de transiciones de fase (I y Q).

En la parte derecha del grafico se muestra las señales (senoidales) para cada fase, que son las transiciones de fase cabe observar que existe una diferencia de 90° .

Analizaremos la transición de estados para cada fase o cuadratura,

$(0,0) \rightarrow (1,1) \rightarrow (1,0) \rightarrow (0,1) \rightarrow (0,0)$

Vemos en el siguiente grafico que cada fase genera su propia modulación, y se genera sus propias salidas.

Y vemos como se compone estas salidas en la parte inferior del siguiente grafico.

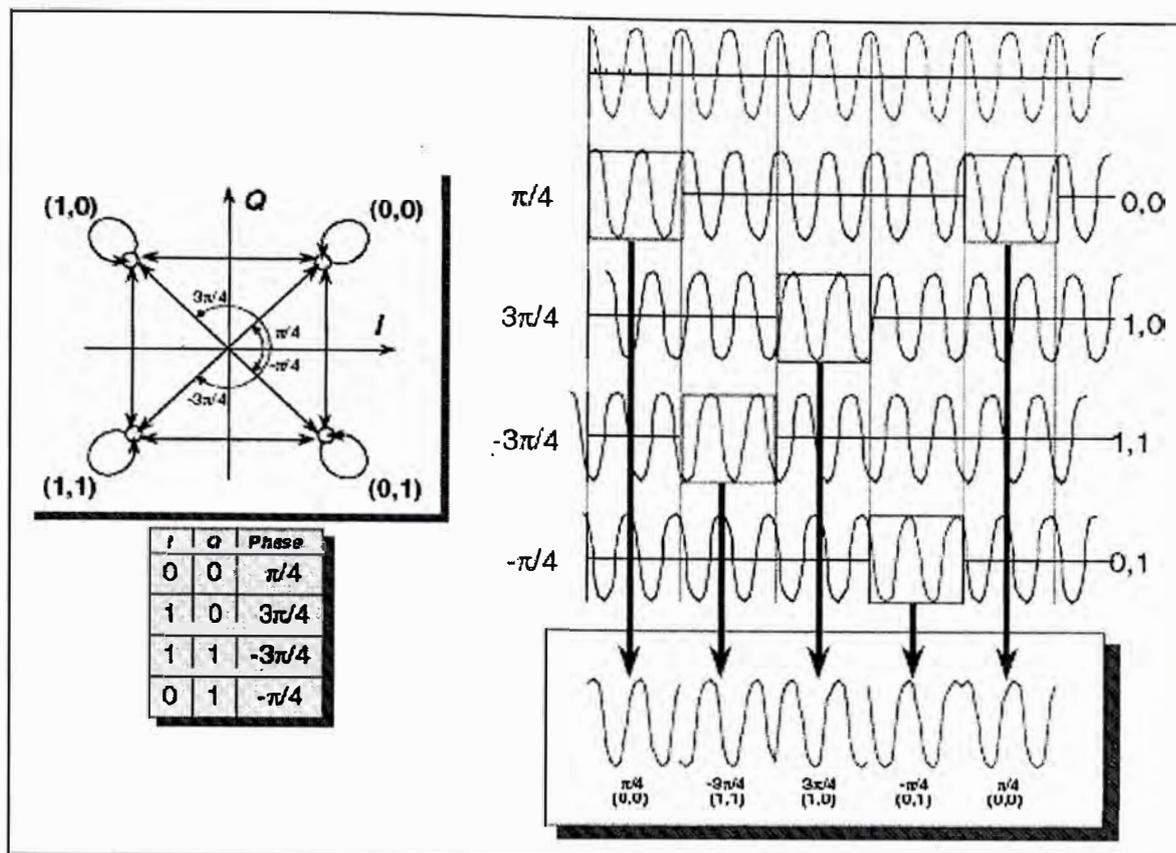


Fig. 4.28 Mapa de transiciones de estados (I y Q).

Estas son las transmisiones de estado: para $(0,0) \rightarrow \pi/4$, $(1,1) \rightarrow -3\pi/4$, $(1,0) \rightarrow 3\pi/4$, $(0,1) \rightarrow -\pi/4$ y $(0,0) \rightarrow \pi/4$. Por cada dos datos que tenga voy a modularlos y generar solo uno.

4.3. Canal piloto

El canal piloto no porta información consigo, por tal lo consideraremos como un canal exclusivamente de referencia, es usado por el móvil para la adquisición inicial del sistema. El canal piloto es transmitido en todo momento por la estación base o BTS sobre cada frecuencia CDMA activa, el móvil deberá estar encendido para que pueda estar amarrado este canal con el móvil. El piloto se trasmite 75 veces cada 2 segundos es la principal fuente para establecer los handoff 's.

El mismo short PN es utilizado por todas las radiobases, pero cada sector es diferenciado por un offset o desfasamiento.

El canal piloto se codifica con el código Walsh cero y la división de short PN en offsets permite hasta 512 pilotos por cada frecuencia en CDMA.

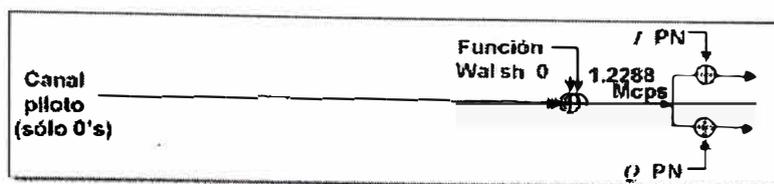


Fig. 4.29 Generación del canal piloto.

La duración por chip es de 0.8138 microsegundos.

A diferencia del canal de tráfico el canal piloto solo trasmite 0's , se mezcla este canal con la función de Walsh "0" (función que consta de 64 0's) , obtenemos después de la mezcla los 1.2288 Mcps el cual separaremos en componente I y Q para su posteriormente sea sumando a todos los componentes I y Q respectivamente de todos los demás canales o códigos.

El valor de índice offset (0 - 511) para una señal piloto se multiplica por 64 para determinar el desfaseamiento en chips .

Ejemplo: si tenemos un offset 15 , entonces el desfaseamiento será.

15 (índice offset) x 64 = 960 PN chips de desfaseamiento; por lo tanto como ya sabemos la duración en tiempo por cada chip , podemos obtener este desfaseamiento en tiempo total, resultando : 960 chips x 0.8138 microsegundos por chip = 781.25 microsegundos , por tanto obtenemos la separación en tiempo del PN 15 respecto del origen.

En el siguiente grafico tenemos un escenario donde un móvil se encuentra entre dos celdas o BTS cada uno identificado por un respectivo PN ("0" y "1").

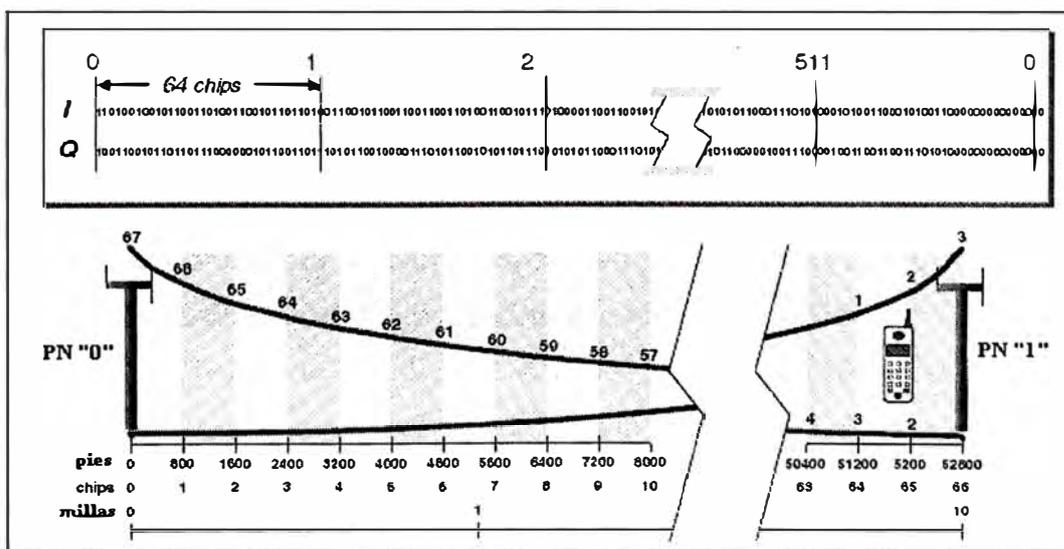


Fig. 4.30 Identificación de sector / celda.

Como ya dijimos anteriormente, tenemos 64 chips como diferencia entre los dos PN's ("0" y "1") como se muestra en la parte superior del grafico anterior,

Un punto muy importante es saber cuantos metros recorre un chip, para explicar esto previamente realizaremos un previo análisis, sabemos que una señal CDMA genera 1.2288 M chips cada segundo y sabemos que un chip dura 0.8138 microsegundos, para saber la distancia que recorre el chip usaremos la formula $V = D / t$ donde V : Velocidad de propagación de onda, D: distancia y t: tiempo.

También sabemos que la velocidad será la de la Luz porque es la velocidad de propagación de la onda, por tanto en este caso la velocidad de propagación de la onda será igual a: 3×10^8 m/s. También tenemos el tiempo de un chip, por lo tanto despejando podemos saber la distancia: $D = V \cdot t$, que en este caso será:

$$D = (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) \times (0.8138 \cdot 10^{-3} \text{ s}) = 244 \text{ metros}$$

Entonces veremos como el móvil detecta el PN, el móvil se encuentra un chip de diferencia a la izquierda con respecto de la radiobase de PN = 1 del lado extremo derecho.

Respecto a la radiobase de PN=0 (extremo izquierdo) el móvil se encuentra a 65 chips de distancia respecto a esta radiobase.

Resumiendo el móvil se encuentra a 1 chip de distancia respecto a la radiobase PN =0 (extremo derecho) y 65 chips de la radiobase PN=1 (extremo izquierdo), la pregunta es con cual de las dos radiobases se amarrara el móvil ?.

Si nuestra respuesta es con la radiobase PN=0 o con la radiobase PN=1 , estas respuestas son equivocadas, porque ?.

No se amarra al PN=0 o al PN=1 por una sencilla razón:

El móvil esta a una distancia de 65 chips respecto a la radiobase de PN=0.

El móvil esta a una distancia de 1 chip respecto a la radiobase de PN=1.

La radiobase de PN=0 respecto la radiobase de PN=1 tienen una diferencia de 64 chips.

Por tanto la distancia que ya tienen el móvil (1 chip) mas los 64 chips nos da 65 chips de diferencia, por lo tanto:

El móvil encuentra 65 chips de diferencia con respecto del PN=0 y 65 chips de diferencia con respecto del PN=1.

El móvil se encuentra a 244 metros o 1 chip de distancia del PN=1 y se cae porque no puede amarrarse con ninguna de las dos radiobases.

Por lo tanto en la red CDMA no podemos tener distribución de radiobases con PN consecutivas, esta distribución se realiza de la siguiente manera:

Se diseña la red teniendo como mínimo saltos de 3 PN's entre radiobases consecutivas, regularmente se diseña con 4 (telefonica) o 6 saltos de PN entre radiobases consecutivas.

Ahora pasaremos a explicar como el móvil adquiere el canal piloto, el móvil comienza a generar las secuencias de Short PN I (fase) y Q (cuadratura) y a compararlas con la señal compuesta que detecta en el aire en todos los offsets posibles (radiobases aledañas).

Esta operación se realiza en un intervalo menor a 15 segundos (normalmente de 2 a 4 segundos) chip por chip (hasta $32\,768 = 2^{15}$) todas las posibilidades se cubren. El móvil guarda en su memoria todas las correspondencias de short PN (donde la relación de E_c/I_o es mayor) y selecciona a la mejor y el móvil por tanto se amarra con esa señal, sin embargo mantendrá en memoria los otras posibilidades y aun mas seguirá escaneando, para que se pueda realizar el handoff si fuese necesario.

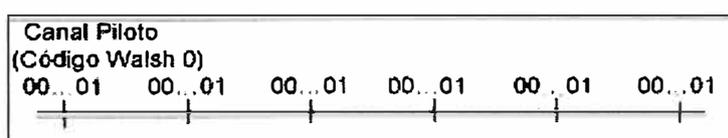


Fig. 4.31 Adquisición de canal piloto.

El móvil se sincroniza con el mejor piloto (en el offset con el mayor E_c/I_o), identificando el patrón de preámbulo de la secuencia short PN (un "1" seguido por 15 "0s").

En ese momento el móvil está listo para demodular su primer código Walsh (Ch 32 canal de Sync).

4.4. Canal sincronía

Una vez que el canal piloto es ubicado, el móvil escucha el correspondiente canal de sincronía para recibir información del sistema.

Este canal es usado para comunicar parámetros básicos del sistema, usado durante la adquisición de sistema cuya velocidad es de 1200 bps.

La trama (diferenciada del mensaje porque su longitud es fija) de sincronía tiene una duración de 26.666666 ms, esta duración corresponde con la de una secuencia de Short PN, simplifica la adquisición del canal de sincronía una vez que el piloto ha sido adquirido.

El móvil debe re – sincronizarse al final de cada llamada.

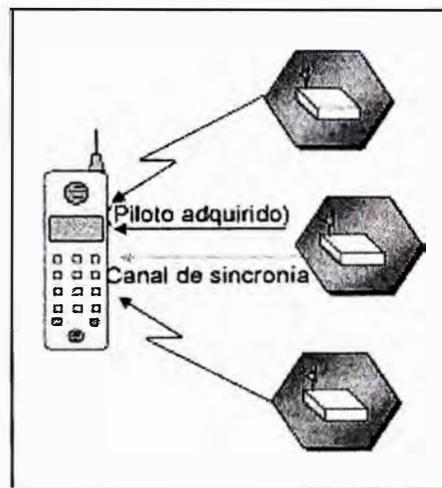


Fig. 4.32 Canal de sincronía.

La generación del canal de sincronía se parece de algún modo a la generación del canal de tráfico directo.

Hay $1200 \text{ bps} \times 0.0266666 \text{ s} = 32 \text{ bits}$ en cada trama de sincronía antes de entrar al convolucional encoder, estos 1200 bits ingresan al convolucional encoder donde se duplica la velocidad a 2400 y los 0s y 1s resultantes ahora “símbolos de sistema”.

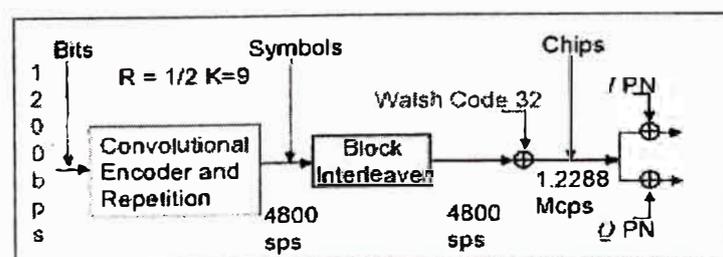


Fig. 4.33 Generación del canal de sincronía.

En el proceso de repetición dobla otra vez la velocidad y los bits resultantes ahora son llamados “símbolos”, hay 128 símbolos en una Trama de sincronía.

Por tanto ya tenemos los 4800 sps prestos a ingresar al block interleaver.

En block interleaver de igual forma que los canales de trafico directos intercala estos 4800 símbolos, luego de haber sido intercalados tenemos una salida de 4800 símbolos pero ahora desordenados que se mezclaran con el código de Walsh (código 32), tenemos una salida (después del mezclador) de 1.2288 Mcps de canal de sync que separaremos en componente I y componente Q.

Cuatro juegos de Códigos Walsh 32 son modulados a la señal, incrementando la velocidad 256 veces; los 0s y 1s resultantes ahora son llamados chips.

Hay 32 768 chips en una trama de sincronía (1024 chips por bit).

Definiremos dos términos muy importantes Tramas y Mensajes:

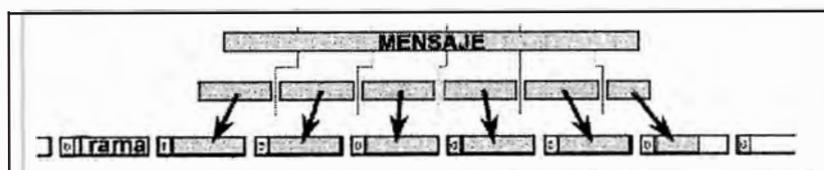


Fig. 4.34 Definición de tramas y mensajes.

El mensaje, es una unidad lógica de información de longitud variable el cual debe incluir información de longitud. Un mensaje se compone de pequeñas piezas que puedan fijarse en la porción de payload de tramas sucesivas, un bit de overhead de una trama puede ser utilizado para identificar el segmento inicial de un mensaje.

La trama, es una unidad lógica de transmisión de longitud fija. No necesaria para información de longitud, cada trama incluye uno o mas bits de encabezado además de los bits de “payload” de información, estos bits de encabezado definen la estructura de la trama.

El formato del cuerpo de mensaje de canal de sincronismo es el siguiente:

Campo	Longitud (b/s)
MSG_TYPE ('00000001')	8
P_REV	8
MIN_PREV	8
SID	16
NID	16
PILOT_PN	9
LC_STATE	42
SYS_TIME	36
LP_SEC	8
LTM_OFF	6
DAYLT	1
PRAT	2
CDMA_FREQ	11
Total : 170	

Fig. 4.35 Formato del cuerpo de mensaje canal Sync.

Este mensaje de del canal de sincronismo tendrá una longitud de 170 bits el cual se añadirán 8 bits que es la información de la longitud del mensaje y 30 bits para el CRC , por lo tanto tendremos un total de 208 bits.

Describiremos los parámetros que en cuerpo de mensaje del canal de sincronismo:

Message Type (MSG_TYPE): Identifica el mensaje y define su estructura (valor fijo para sincronía '00000001').

Protocol Revisión Level (P_REV): debe ser '00000001'.

Minimum Protocol Revisión Level (MIN P_REV): Entero de ocho bits que identifica la mínima revisión de protocolo requerida en el sistema. Solo los móviles que soporten revisiones iguales o mayores al valor de este campo, podrán acceder al sistema.

System ID (SID): Entero de 16 bits que identifica al sistema (operador).

Network ID (NID): Entero de 16 bits que identifica una red dentro del sistema (Definido por el administrador del SID).

Pilot PN Sequence Offset Index (PILOT PN): Numero de offsets que identifica al sector / radiobase (en unidades de 64 chips), asignado por el planificador de red.

Long Code State (LC STATE): Informa al móvil sobre el estatus del long PN en la red, de acuerdo con el valor de SYS_TIME, generado dinámicamente.

System Time (SYS TIME): Tiempo de GPS tomado, 320 ms después del final de la ultima supertrama (contenedor de ese mensaje) menos la duración del Pilot PN offset, en unidades de 80 ms, generado dinámicamente.

Leap Seconds (LP SEC): Numero de segundos del lapso ocurrido desde el comienzo del tiempo de sistema (Enero 6, 1980 00:00:00 horas) dado el campo SYS_TIME, generado dinámicamente.

Local Time Offset (LTM OFF): Complemento de ajuste del tiempo local al tiempo de sistema en unidades de 30 minutos, generados dinámicamente.

$$\text{Tiempo local} = \text{SYS TIME} - \text{LP SEC} + \text{LTM OFF}$$

Daylight Savings Time Indicator (DAYLT): Determinado por el administrador de red.

‘1’ significara horario de verano habilitado.

‘0’ significara horario de verano no habilitado.

Paging Channel Data Rate (PRAT): Velocidad de transferencia de datos del canal de paging.

‘00’ le corresponderá 9600 bps.

‘01’ le corresponderá 4800 bps.

CDMA Frequency Assignment (CDMA FREQ): El numero de canal CDMA dentro de la banda especificada, corresponde a la asignación de frecuencia para el canal CDMA que trasmite el canal de paging primario, determinado por el administrador de la red.

La temporización de la sincronización del móvil, se realizara de la siguiente manera:

El Timing en CDMA va a requerir sincronización entre los móviles y las radiobases, esto es vital porque es necesario que el móvil y la BTS estén completamente sincronizados.

Los móviles obtendrán su tiempo del sistema de las señales piloto, los siguientes procesos ocurrirán cuando un móvil se sincroniza con una radiobase.

El primer proceso que ocurre es, un móvil sincroniza su generador de Short code a 26000 ms con la señal piloto de la radiobase, luego la señal piloto se ha desfasado desde el tiempo del sistema por la señal única de las radiobases.

Como segundo proceso tenemos, el móvil adquiere el piloto, el mensaje del canal de sincronía se de-modula y se decodifica todas las supertramas.

Como tercer proceso, el móvil ajusta su transmisor de código Short PN con el tiempo del sistema usando la señal piloto, el móvil entonces obtiene el tiempo del sistema en forma precisa sincronizando al código corto.

Como cuarto proceso después de todos los ajustes hechos el estado de Long code se carga en el generador de código Long Code del móvil para que finalmente el tiempo del sistema sea sincronizado entre el móvil y la BTS.

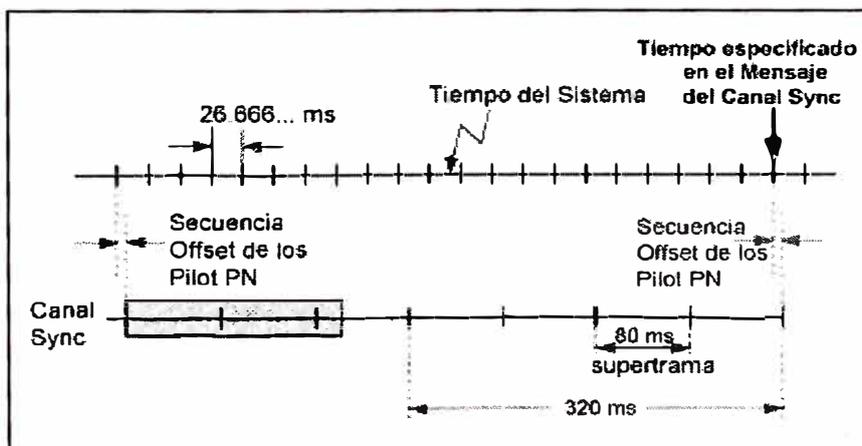


Fig. 4.36 Adquisición del canal de sincronía.

4.5. Canales de paging

Los canales de paging se asignan en la radiobase con un canal de paging por cada sector por cada frecuencia CDMA.

Los canales de Paging son usados por las radiobases para transmitir información de encabezado del sistema y mensajes específicos.

Por ejemplo los canales de paging notifican al móvil que están recibiendo una llamada luego de realizar el móvil un acknowledgment (reconocimiento) del mensaje la radiobase le asigna un canal de trafico.

Los canales de paging también son usados para pedirle al móvil registros y autenticación. La radiobase continuamente trasmite canales validos de paging, que pueden incluir el "Null Message".

Podemos tener desde 1 hasta 7 canales de paging en la practica se maneja solo un canal de paging dejando los otros para uso de trafico normal , el canal 1 (función Walsh 1) es el canal paging primario, existen dos velocidades disponibles para los canales paging : 9600 y 4800 bps.

El canal paging de 9600 bps puede soportar hasta 180 pages por segundo,

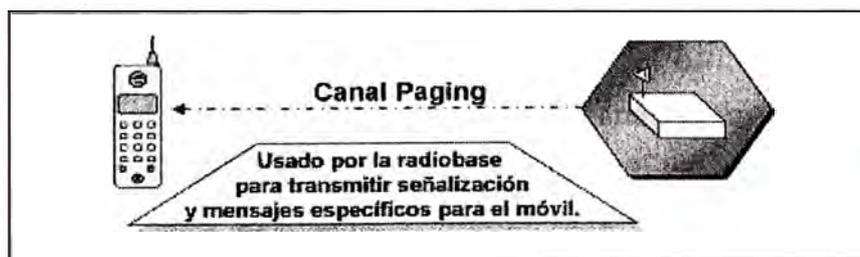


Fig. 4.37 Canales de paging.

Otra característica importante de los canales de paging es saber que por estos se envían los mensajes de texto o SMS a los móviles. Por el cual se tiene que realizar un estudio del impacto de este servicio para que no impacte en el servicio porque causaría alguna congestión y las llamadas no se puedan completar

Ahora veremos la generación del canal de paging, si lo comparamos con la generación del canal de trafico directo observamos mucha similitud , notamos que aquí no se inserta los

comandos de Power Control ni tenemos un segundo filtro (decimator) para que nos de la frecuencia a la que se insertaría el bit de Power Control.

El canal de paging es codificado (encoded) , intercalado (interleaved), esparcido y modulado en tramas de 20 ms.

Hay 9600 [4800] bps x 0.020 s = 192 [92] bits en cada Trama de paging.

El Convolutional Encoder incrementa al doble la velocidad 384 [196] símbolos de código en cada Trama de paging.

Si se utiliza la velocidad de 4800 bps el proceso de repetición vuelve a duplicar la velocidad, de manera que se generen 384 símbolos de modulación por Trama de paging.

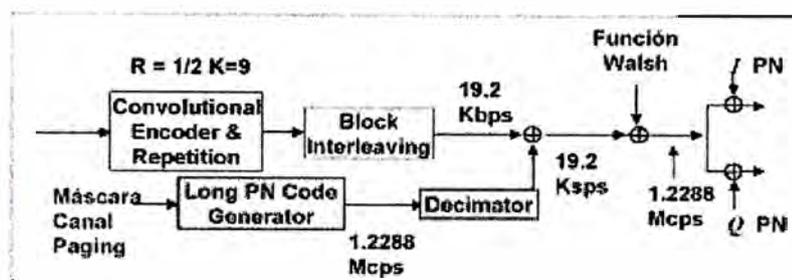


Fig. 4.38 Generación del canal de paging.

Tenemos 384 símbolos por trama a 50 Tramas por segundo el cual nos dará 19.2 Ksps, esta señal de 19.2 Ksps van a ser llegados al bloque interleaver el cual e encargara en realizar la intercalación (desorden en un arreglo matricial) , luego de la salida del bloque interleaver esta señal será mezclada con la mascara del canal de paging.

Una copia del código Walsh #1 es usado para esparcir cada símbolo generado, esto multiplica la velocidad por 64, resultando 1.2288 Mcps. Esto es 24,576 chips por Trama de paging o 128 [256] chips por bit original 9600 [4800] bps.

Una pregunta es, que información envía este canal de paging ? .

Tenemos parámetros de acceso, mensajes de parámetros de sistema, mensajes de lista canales CDMA, mensajes parámetros extendidos de sistema, mensajes de lista vecinos extendida y mensaje Global Service Redirection . Este ultimo solo se envía cuando es necesario.

La BTS mantendrá un numero de secuencias de mensajes de parámetros de acceso, y esta secuencia se modifica cada vez que se modifique estos parámetros.

Tenemos una secuencia de mensajes de configuración y se modificara cada vez que se modifique estos parámetros de configuración.

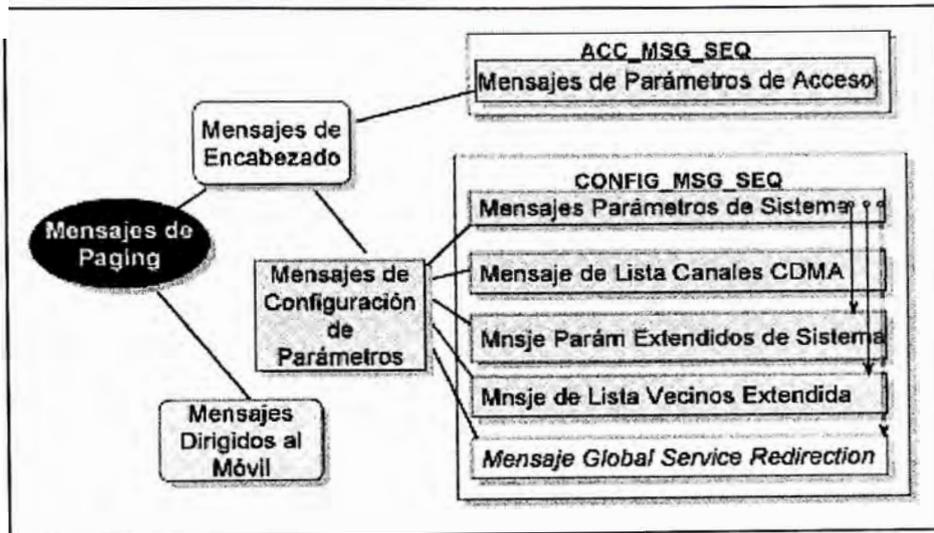


Fig. 4.39 Mensajes de encabezado canal de paging.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE LOS CANALES INVERSOS DE TRAFICO Y CANALES DE ACCESO

5.1 Objetivos

Los objetivos del presente capítulo es identificar los canales de tráfico inversos CDMA, comprender como se generan los canales de tráfico inversos.

Comprender el concepto de “canal de código” en la dirección inversa y su diferencia con el concepto de canal de código Frontal.

Comprender el concepto de “aleatoriedad de ráfagas de datos” , analizar la demodulación del canal en dirección inversa.

Discutir el uso de los canales de acceso por las estaciones móviles, identificar los principales parámetros de modulación de los canales de acceso.

Describir como se genera los canales de acceso y describir la relación existente entre los canales de acceso y los de paging.

5.2 Canales de tráfico inversos

Estos canales van de móvil hacia la radiobase, estos canales son utilizados cuando hay una llamada en proceso para el envío de:

- Tráfico de voz desde el usuario móvil.
- Respuesta a consultas de la estación base.
- Solicitudes a la estación base.



Fig. 5.1 Canales de tráfico inversos.

Soporta para su operación velocidades variables de datos, que son:

Codificador de voz de 8 Kbps, primer conjunto de velocidades de 9600, 4800, 2400 y 1200 bps. Codificador de voz de 13 Kbps, segundo conjunto de velocidades de 14400, 7200, 3600 y 1800 bps.

Otro dato importante es, la duración de la trama es de 20 ms.

Ahora describiremos como se genera un canal de tráfico inverso usando un vocoder de 8 Kb, se observa en el siguiente grafico que existe cierta semejanza con la generación de los canales de tráfico directos.

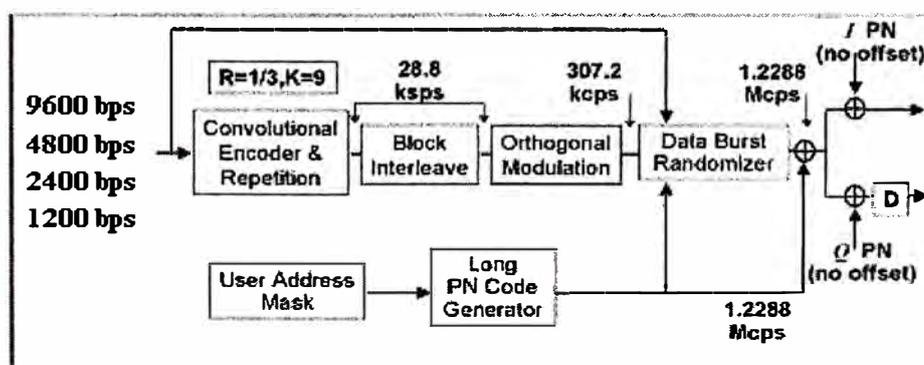


Fig. 5.2 Generación de canales de tráfico inversos con vocoder de 8 Kb.

Las diferencias que podemos observar con respecto a la generación de tráfico directo son:

La tasa convolucional que es de $1/3$ mientras que el del tráfico directo fue de $1/2$, a la salida del convolutional encoder tenemos 28.8 Ksps, la presencia del bloque de modulación ortogonal cuya salida es de 307.2 Kcps.

Después de la modulación ortogonal entran al bloque "Data Burst Randomizer" (aleatorizador de ráfagas de datos), luego es mezclado con el Long PN (código largo) y obtenemos 1.2288 Mcps.

Otra característica es también que, existe un bloque “D” (delay) en la modulación de cuadratura de fase Q, por tanto la modulación Q (cuadratura) la realizaremos con un retraso de $\frac{1}{2}$ chip.

Analizaremos cada bloque de la figura anterior, para poder describir sus características: Como Primer bloque tenemos al codificador convolucional donde la tasa convolucional es de $\frac{1}{3}$, esto quiere decir que se repite 3 veces el BIT de entrada.

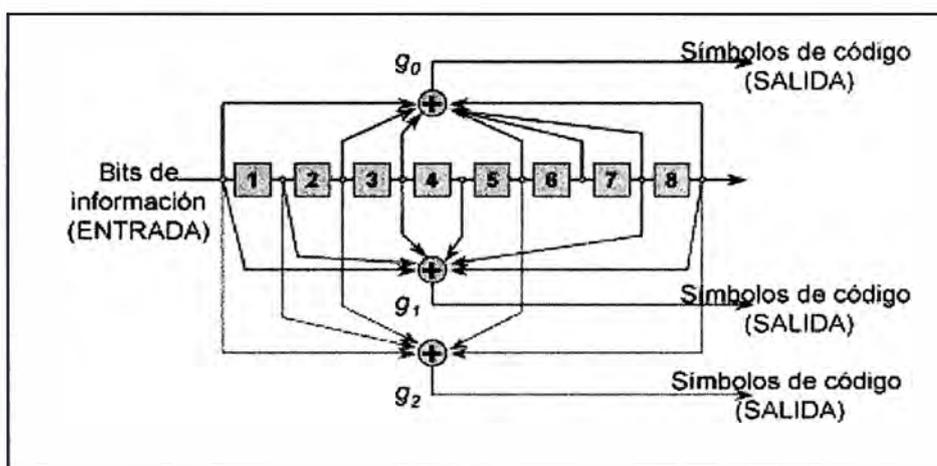


Fig. 5.3 Codificador convolucional de tasa a $\frac{1}{3}$.

Entonces tenemos un BIT de información de entrada y ahora tenemos 3 símbolos repetidos como salidas, esta triple redundancia incrementa la disponibilidad de la información si se presenta una pérdida de información, esto porque la información se dirige del móvil hacia la radiobase y el móvil no tiene la misma potencia de transmisión respecto de la radiobase.

De igual forma que la generación de canales de tráfico directos, aquí también se tiene una constante $K = 9$.

Esta salida del codificador entra al bloque intercalador, bloque que describiremos a continuación:

Este bloque intercalador se diferencia del bloque intercalador presente en la cantidad de filas y columnas presentes, ahora es de 32×18 por tanto tenemos 576 símbolos de modulación que tendremos,

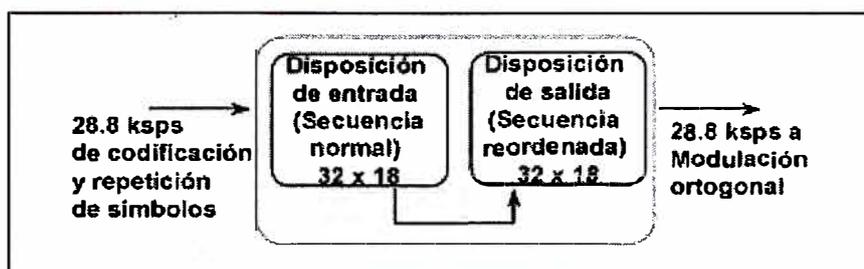


Fig. 5.4 Intercalador del canal de tráfico inverso.

Los bloques de símbolos de 20 ms se reordenan en forma secuencial en la matriz de 32 x 18, con la finalidad de reducir los efectos del desvanecimiento rápido si se presenta en la transmisión y separar los símbolos repetidos en 4800 bps y menores.

Este proceso aumenta la “supervivencia” de los datos, ahora llamados símbolos y “Desvanece” el efecto de las espurias producidas por la interferencia.

A la salida del bloque intercalador que tiene información desordenada en relación a la de entrada a 28.8 Kbps. Esta información de salida se dirige a la modulación ortogonal.

El modulador ortogonal maneja los códigos de Walsh, el proceso es separar o segmentar la ráfaga de datos que sale del bloque intercalador y agruparlos por grupos de 6 símbolos.

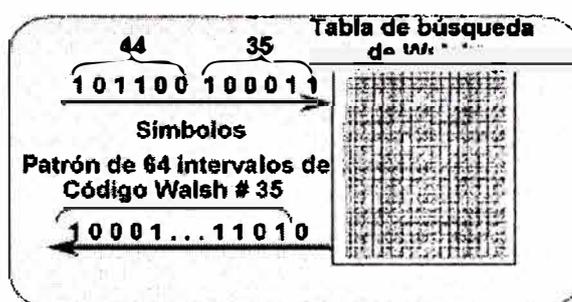


Fig. 5.5 Modulación ortogonal de 64 chips.

Cada grupo de 6 símbolos tendrá un valor en decimal, ejemplo el grupo ‘100011’ tendrá un valor decimal de ‘35’ (grupo mostrado en el anterior gráfico).

Por tanto, cada grupo de 6 símbolos se convierten a un número decimal de 0 a 63.

Entonces este numero decimal corresponde a un código de Walsh y este se usara para la asignación del canal. Otro dato es también que cada grupo de 6 símbolos que entran salen 64 chips de Walsh.

El siguiente bloque es el aleatorizador de ráfagas de datos (Data Burst Randomizing), es un bloque que no esta presente en la generación de canales de trafico directos.

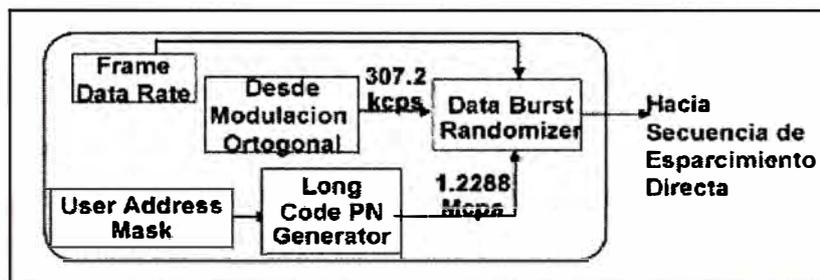


Fig. 5.6 Aleatoriabilidad de ráfagas de datos.

Este aleatorizador de datos genera un patrón de enmascaramiento de 0s y 1s con el objetivo es poner en forma aleatoria los datos redundantes o repetidos que obtenemos del bloque anterior. El patrón de enmascaramiento se basa en 14 bits que se toma del código largo (Long code PN) , estos 14 bits tienen que empalmarse exactamente en los canales de trafico hacia adelante.

Este genera transmisión de velocidad variable. El flujo de salida del intercalador se activa a través de un filtro de tiempo , el coeficiente de utilización de la compuerta varia según la velocidad de transmisión de datos.

Para permitir la duplicidad de datos generada por la repetición de símbolos se obtiene un patrón establecido que permite enmascararlo a través de una mascara pseudoaleatorio.

Todos los símbolos se transmiten a velocidad máxima (Full Rate) durante periodos de compuerta desactivada, la potencia de transmisión se reduce al menos en 20 dB. Cada símbolo ingresado al proceso de repetición se transmite unan vez.

El control dinámico de potencia del enlace inverso es controlado estrictamente, de forma que:

El receptor de la radiobase pueda determinar mas rápido la potencia del símbolo, ya que no puede ni debe integrar los símbolos repetidos como si estuvieran traslapados en el tiempo (diferente del proceso de Enlace Directo).

La determinación rápida permite evitar señales de control dinámico de potencia mas precisas a través de la técnica de Puncturing de bits en el enlace directo (Control dinámico de potencia en loop cerrado inverso).

La aleatoriedad de los datos transmitidos obtenga el efecto de dispersión en el tiempo de la potencia recibida en la radiobase enviada por los móviles.

Se pueda producir mas fácilmente el “des-esparcimiento” cuando haya menos señales de interferencia.

El próximo proceso para la generación de l canal de trafico es el esparcimiento de secuencia directa.

La señal que sale del ‘Data Burst’ va directamente hacia un mezclador XOR , esta compuerta XOR se encarga de mezclar o esparcir la señal del aleatorizador de ráfagas de datos.

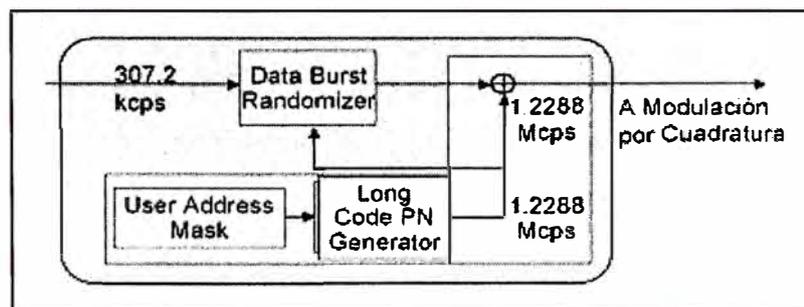


Fig. 5.7 Aleatoriedad de ráfagas de datos.

El mezclador esparcirá esta señal a 1.2288 Mcps.

El móvil puede usar una de las mascararas de código largo (Long PN) únicas:

- Una mascara de código largo publica basada en la ESN.
- Una mascara de código largo privada.

Una vez que obtenemos el esparcimiento de la señal a 1.2288 Mcps, ahora se le aplica la modulación.

Esta modulación a aplicar será un poco diferente a la realizada en los canales de tráfico directos.

El canal es esparcido por una secuencia de Pilot PN con desplazamiento cero, En la siguiente figura podemos observar que tenemos un bloque después de la modulación por cuadratura Q representado por "D" (delay) el cual añadirá 1/2 chip de delay (407 nseg).

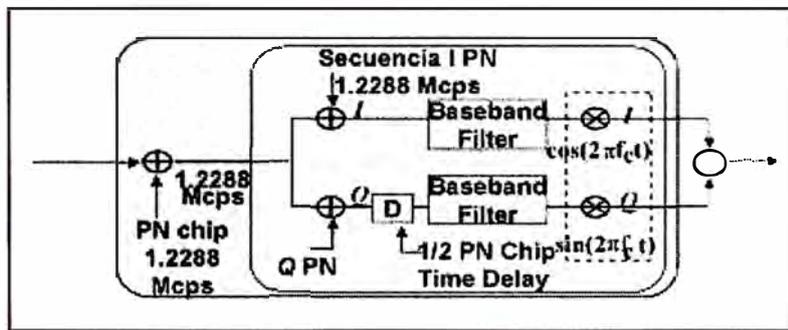


Fig. 5.8 Desplazamiento-esparcimiento cuadrático por fase y filtro de banda base.

También observamos los filtros de banda base cuyo objetivo es asegurar que la forma de onda este dentro de los limites de frecuencias requeridos.

A la salida de estos filtros banda base las señales se convierten a radiofrecuencias (RF) en el rango de 800 MHz o 1900 MHz.

Uno con la función coseno de la fase I y otro con la función seno de la fase Q.

Para explicar el motivo del retraso de 1/2 chip en el componente Q, nos ayudaremos del siguiente grafico.

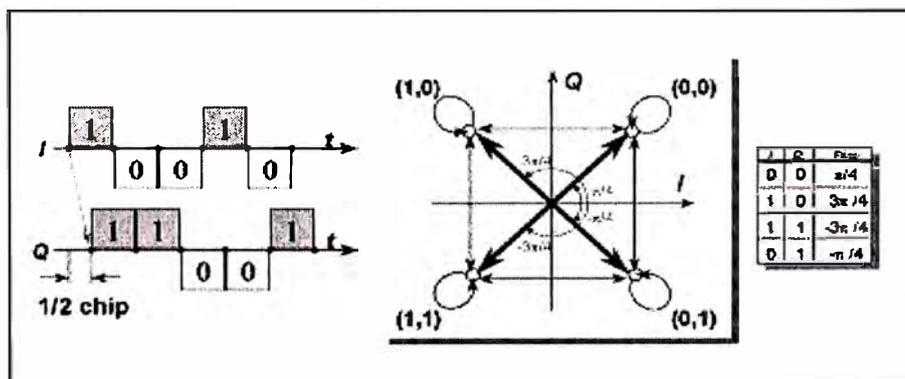


Fig. 5.9 Modulación por cuadratura del canal de tráfico inverso.

Al momento de introducir un retraso de $\frac{1}{2}$ chip en el componente “Q”, las transmisiones simultaneas de “I” y “Q” se eliminan, esto es muy importante porque:

Un amplificador que no tiene que efectuar transiciones (cambios de estado) en diagonal (a través de cero) es mucho mas simple y mas barato de implementar (Ej. amplificadores de tipo A y tipo B), esto es demasiado importante debido a que esto reduce el costo de los móviles.

Ahora revisaremos el proceso de demodulación del canal de trafico inverso, El receptor de la radiobase o del móvil realizara la demodulación. En el caso de la siguiente figura se detalla por el lado de la radiobase.

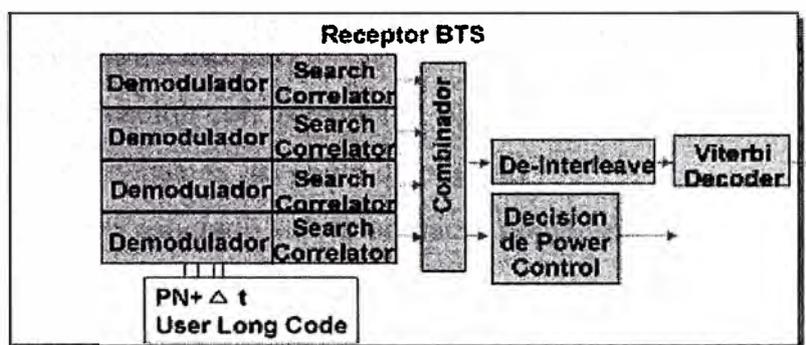


Fig. 5.10 Demodulación del canal de trafico inverso.

El receptor de la radiobase tiene cuatro demoduladores y después de cada demodulador se tiene un “Search Correlator”, y todos se concentran en el combinador.

Luego del combinador se puede obtener, la decisión de Power Control y Des – intercalador (ordenar la información) y finalmente el decodificador de viterbi.

La finalidad de tener estos cuatro demoduladores también conocidos como fingers es de obtener la mayor información posible de diferentes trayectorias (rebotes de señal) por las cuales el móvil envió su información, porque no tenemos necesariamente una línea de vista entre el móvil y la radiobase.

La radiobase por medio de los demoduladores tomara las cuatro mejores señales enviadas por el móvil. Por tanto el search correlator realiza la correlación de la información y compara las diferentes señales (previamente se tiene que poner en fase estas señales), estas señales se combinan para si obtener una señal mas fidedigna o aumentar la calidad de la señal a la recepción.

5.3 Canales de acceso

Es el canal de overhead o encabezamiento que se dirige del móvil hacia la radiobase con una velocidad fija de 4800 bps, a diferencia del canal de paging que maneja dos velocidades 9600 y 4800 bps.

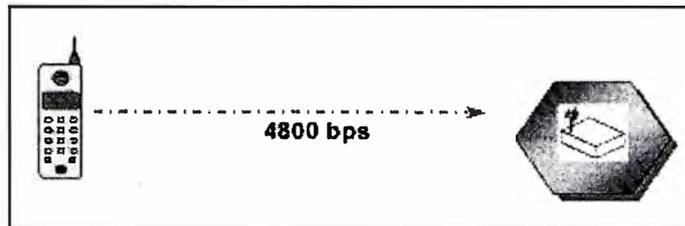


Fig. 5.11 Canales de acceso.

El móvil usa este canal de acceso para:

- Iniciar la comunicación con la Estación Base.
- Responder a los mensajes del canal de paging.

Cada canal de acceso esta asociado solo a un canal de paging, se soportan hasta 32 canales de acceso (0 – 31) por un canal de paging.

El siguiente grafico muestra la generación de un canal de acceso, el cual tiene los mismos bloques con la generación del canal de trafico inverso.

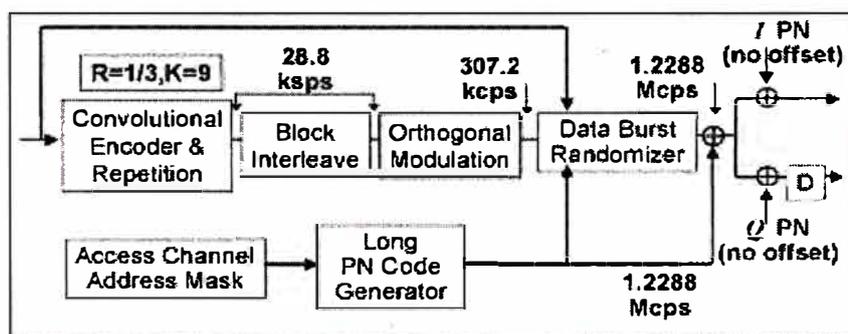


Fig. 5.12 Generación de canal de acceso.

Los intentos de mensaje se hacen aleatoriamente para reducir la probabilidad de colisión, se realizan varios intentos (móvil \rightarrow radiobase), si el móvil no recibe la respuesta de la radiobase este intenta nuevamente pero ahora incrementando el nivel de potencia.

Dentro de los canales de acceso existen dos tipos de mensaje:

- Un mensaje de respuesta (en respuesta al mensaje de la radiobase).
- Un mensaje de solicitud (que envía automáticamente el móvil).

Ahora veremos el enmascaramiento del código largo en el canal de acceso , el canal de acceso es mezclado por el código largo, con un offset debido a la mascara que se muestra a continuación:

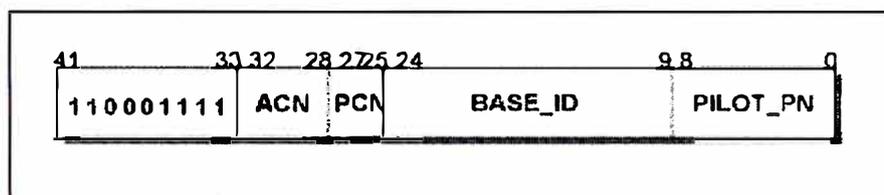


Fig. 5.13 Mascara de código largo en el canal de acceso .

Vemos en el grafico anterior (de izquierda a derecha) que tenemos una mascara de 42 bits, donde los primeros son bits fijos '110001111' (9 bits), el campo ACN , PCN, BASE_ID y PILOT PN.

Donde:

- ACN (Access Channel Number), es el numero de canales de acceso (5 bits).
- PCN, es el numero de canal de paging (3 bits).
- BASE_ID, es el numero de identidad de la radiobase (25 bits).
- PILOT_PN, es el índice de los offsets del Short PN (9 bits).

La estructura de un slot (ranura) del canal de acceso se muestra en el grafico siguiente, tenemos el slot de acceso 'n' (de color morado) que consta de dos partes: uno parte conocida como preámbulo y la segunda parte es la cápsula del mensaje.

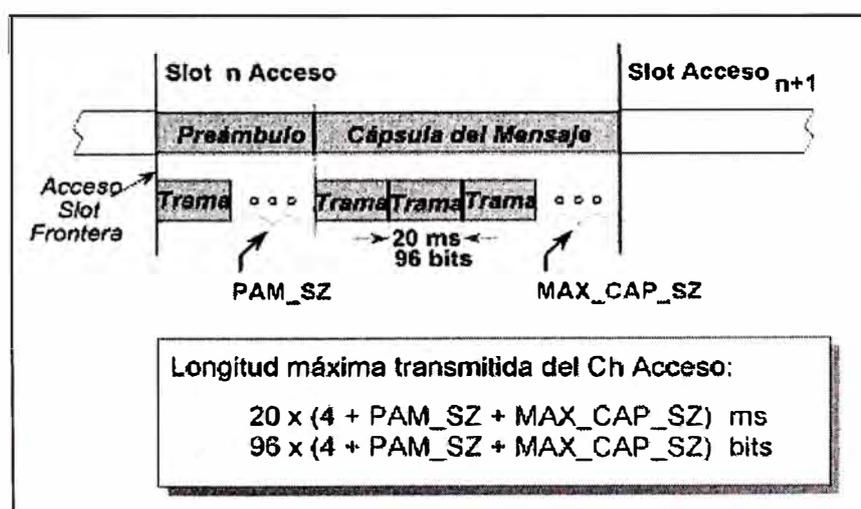


Fig. 5.14 Estructura de un slot del canal de acceso.

Cada trama dentro de la cápsula del mensaje será de 20 ms (96 bits) , además se tiene un par de campos que están definidos en el estándar IS-95 que son: PAM_SZ (que determina la longitud del preámbulo) y MAX_CAP_SZ (determina el tamaño de la cápsula de mensaje).

La longitud máxima transmitida del canal de acceso se determina por el algoritmo de hashing.

$$20 \times (4 + \text{PAM_SZ} + \text{MAX_CAP_SZ}) \text{ ms o } 96 \times (4 + \text{PAM_SZ} + \text{MAX_CAP_SZ})$$

Ahora veremos la estructura del canal de acceso , ya vimos que esta formado por el preámbulo y la cápsula de mensaje.

Enfoquémonos en la cápsula del mensaje, es importante de que el móvil defina muy bien el comienzo y fin del canal de acceso para que la radiobase pueda entenderla.

Cada trama de canal de acceso contiene 96 bits y es transmitido en 20 ms. La velocidad del canal de acceso es de 4800 bps.

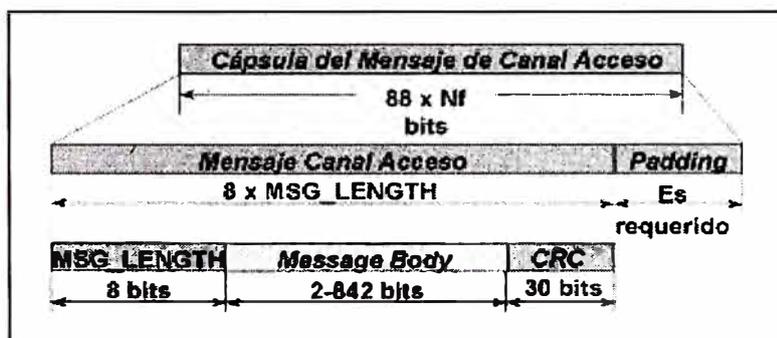


Fig. 5.15 Estructura del canal de acceso.

Cada cápsula del mensaje del canal acceso esta compuesto por el mensaje Canal Acceso y el padding. Y el mensaje Canal Acceso esta formado por el tamaño del mensaje (MSG_LENGTH), el cuerpo del mensaje (Message Body) y el CRC (codigo de redundancia cíclica).

La función del CRC es aplicar un algoritmo polinomial con el fin de detectar errores y corregirlos.

Todos los canales de acceso están referidos a un canal de paging en especial y por tanto el slot del canal de paging con el slot del canal de acceso tienen el mismo tamaño.

Y todos los slots comienzan al mismo tiempo, como resumen el canal de acceso se compone del canal del mensaje preámbulo que consiste de 96 ceros y la cápsula del mensaje de acceso.

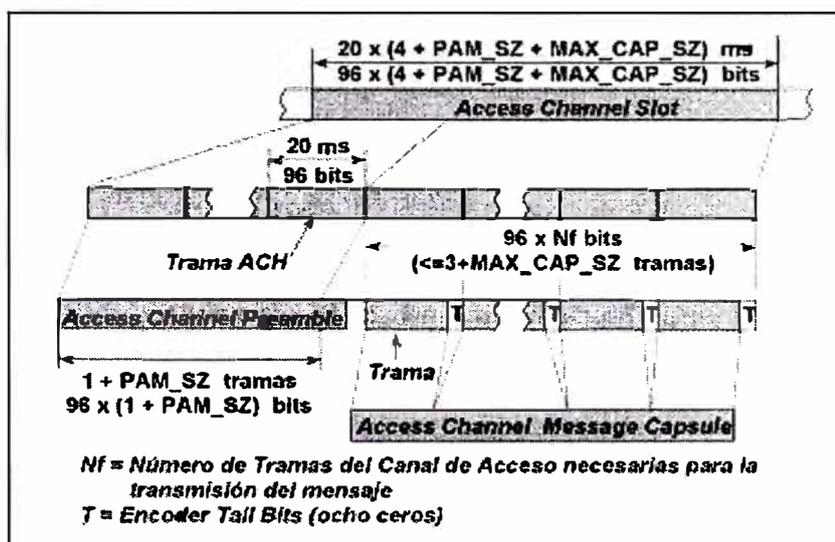


Fig. 5.16 Estructura del canal de acceso.

Recordemos que los canales de acceso son enviados aleatoriamente a la radiobase, las pruebas o intentos de canal de acceso tienen como finalidad de que la radiobase vea al móvil y pueda existir transferencia de información entre el móvil y la radiobase.

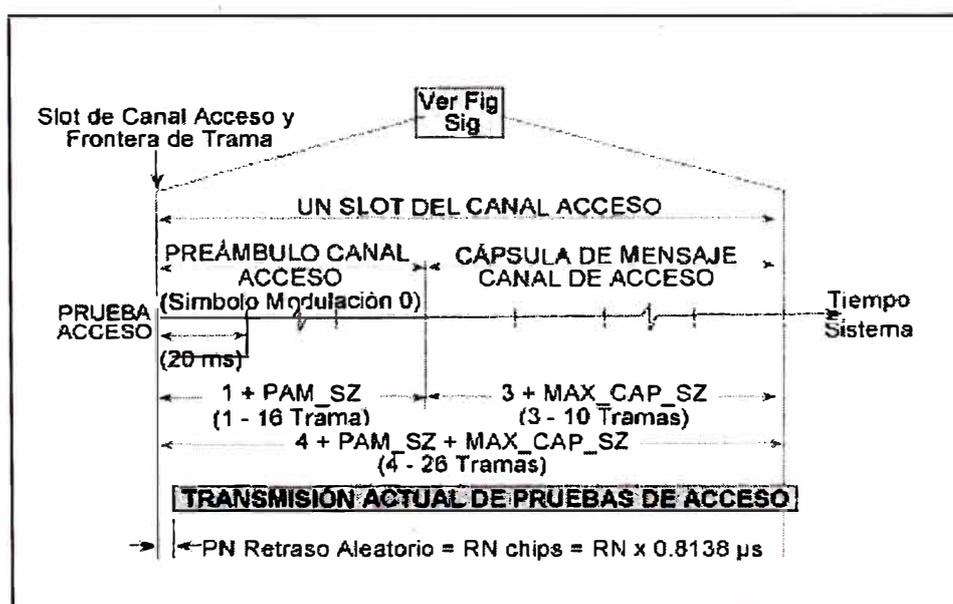


Fig. 5.17 Pruebas del canal de acceso.

En el preámbulo del canal de acceso tiene de 1 a 16 tramas y el de la cápsula del mensaje de 3 a 10 tramas.

Entre intento e intento existirá un delay definido por un algoritmo, este delay esta definido por el algoritmo de hash:

$$\text{Delay} = 2^{\text{PROBE_PN_RAN}} - 1$$

El canal de acceso, dentro de un intento de prueba del canal de acceso estas están agrupadas en secuencias de prueba de acceso, cada secuencia de prueba no estar formada por mas de 16 pruebas individuales y terminara la secuencia de ahí se iniciara otra secuencia y todas transmitidas sobre el mismo canal de acceso.

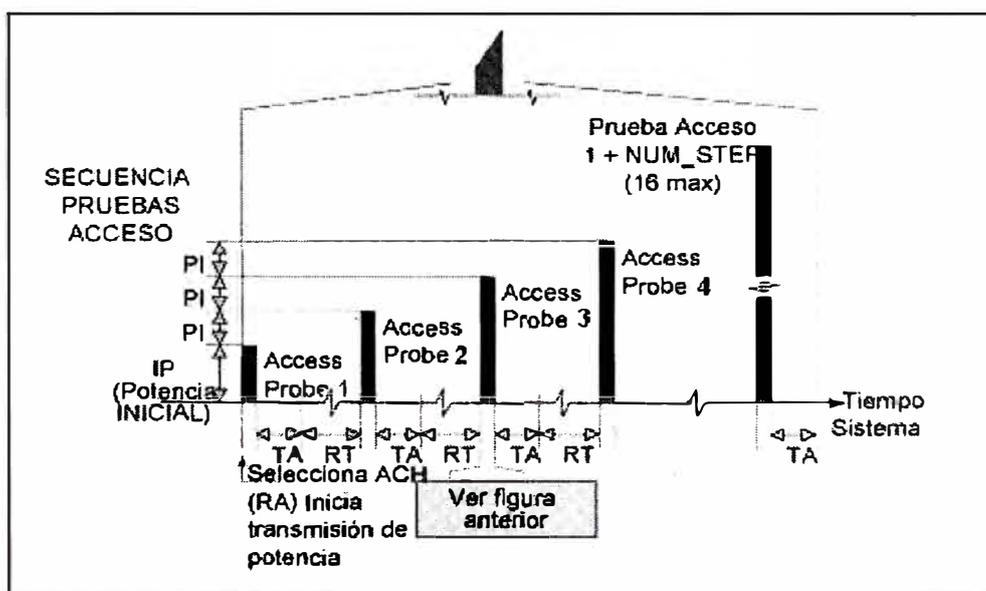


Fig. 5.18 Pruebas del canal de acceso.

En la grafica anterior vemos el primer intento etiquetado como 'Access Probe 1' tiene una potencia inicial que es especificado 'IP' (Initial open-loop power) y para cada prueba siguiente, en caso de que la radiobase no le envíe un reconocimiento al móvil, se transmitirá otra prueba con un nivel de potencia mayor al anterior siempre en saltos de 1dB.

Vemos en le eje vertical en el grafico los 'PI' (incrementos de potencia) que debe ser de 1dB con la finalidad que la radiobase escuche al móvil. Entre las pruebas de acceso el

móvil apaga sus transmisor mientras corre un temporizador que en grafico esta descrito como TA (tiempo que espera el móvil para recibir un reconocimiento de la radiobase).

Si supera este temporizador (TA) el móvil realiza un Probe Backoff (RT) donde vuelve a reestructurar el preámbulo y la cápsula del mensaje.

Luego el móvil vuelve a intentar pero con la diferencia de una mayor potencia.

TA (Acknowledgment response timeout): Es el tiempo del temporizador donde se espera un recocimiento de la radiobase, y puede ir de 160 ms a 1360 ms.

IP (Initial open-loop power): Potencia inicial del primer intento del canal de acceso.

PI (power increment): Es la potencia de incremento entre los intentos del canal de acceso, y según el estándar puede ir de 0 a 7 dB.

RA (Access channel number): numero del canal de acceso , esta elección es pseudoaleatoria, que puede ir de 0 a 31.

RT (Probe Backoff): donde se empieza a generar otra vez la cápsula y el preámbulo del mensaje del canal de acceso, el valor va de 0 a 16 slots.

Los parámetros que definen al canal de acceso se muestran a continuación:

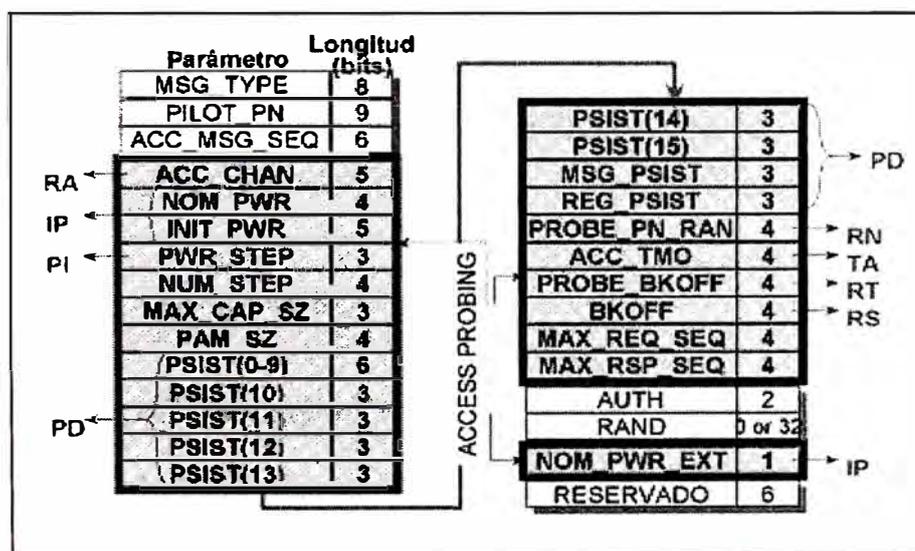


Fig. 5.19 Parámetros del canal de acceso.

Estos parámetros están definidos en el estándar IS-95, estos capos los describiremos a continuación:

- RA (Access Channel Number): Valor aleatorio entre 0 y ACC_CHAN; generado antes de cada secuencia (máximo rango es 0 -31).
- IP (Initial Open-Loop Power): Calculado en dBm como sigue:

$$IP = k - \text{Mean Input Power (dBm)} + \text{NOM_PWR (dB)} - \text{NOM_PWR_EXT} \times 16 \text{ (dB)} + \text{INIT_PWR (dB)}$$
 Donde $k = -73$ para 800 MHz Celular y -76 para 1900 PCS.
- PI (Power Increment): Igual a PWR_STEP en dB (el rango es de 0 a 7 dB).
- TA (Acknowledgment Response Timeout): Temporizador del fin del slot, calculado en ms como sigue (el rango es de 160 a 1360 ms).

$$TA = 80 \times (2 + \text{ACC TMO})$$
- RT (Probe Backoff): Valor aleatorio entre 0 y $1 + \text{PROBE_BKOFF}$; generado antes de cada secuencia (rango máximo de 0 – 16 slots)
- RS (Secuencia Backoff): Valor aleatorio entre 0 y $1 + \text{BKOFF}$; generado antes de cada secuencia (excepto en la primer secuencia). El máximo rango de valores es 0 a 16 slots.
- PD (Persistence delay): Valor usado para incrementar “test de persistencia”.
- RN (PN-Randomization Delay): de 0 a 511 chips , generado antes de cada secuencia, entre 0 y $2 \text{ PROBE_PN_RAN} - 1$, por Hash usando el ESN_S.

Sobre el canal de Acceso se pueden enviar hasta 8 mensajes y son los siguientes:

- Mensaje Registro (Registration Message): enviado a la radiobase para registrarse al sistema.

- Mensaje de orden (Order Message): enviado por el móvil a la radiobase sobre el canal de acceso o sobre el canal de tráfico inverso.
- Mensaje Ráfaga de Datos (Data Burst Message): enviado a la radiobase sobre el canal de acceso o sobre el canal de tráfico inverso que contiene la ráfaga de datos.
- Mensaje de originación (Origination Message): Se montara sobre el canal de acceso y en este se enviara el numero marcado.
- Mensaje Respuesta de Page (Page Response Message): también montado sobre el canal de acceso, son la respuesta que envió la radiobase al móvil a través del canal de paging.
- Mensaje de Respuesta a Autenticación (Authentication Challenge Response Message): montado sobre el canal de acceso o sobre el canal de tráfico inverso que contendrá el valor de los 18 bits del resultado de la firma de autenticación, esta firma de autenticación es calculada solamente en el móvil y en el switch.
- Mensaje Respuesta a Status (Status Response Message): montado sobre el canal de acceso o sobre el canal de tráfico inverso , este será mensaje de respuesta al mensaje de petición de estatus que esta pidiendo la radiobase al móvil, Ej. Información del terminal, roaming, información del ESN etc.
- Mensaje completacion de Asignación TMSI (TMSI Assignment Completion Message): montado sobre el canal de acceso o sobre el canal de tráfico inverso y este es enviado depuse de haberse completado el proceso de asignación de un numero temporal , escenario cuando un móvil que esta realizando roaming quiere realizar una llamada.

CAPÍTULO VI

CONTROL DE POTENCIA Y REGISTROS DE CDMA

6.1 Objetivos

Los objetivos del presente capítulo es describir el propósito del control de potencia en CDMA, Identificar los diferentes mecanismos de control de potencia utilizados en CDMA.

Definir el término registro, describir las diferencias entre HLR y VLR. Describir la negociación de registro y paging.

Identificar los diferentes tipos de registro de CDMA.

6.2 Control de potencia en CDMA

CDMA es un sistema limitado por la interferencia (en comparación de otros sistemas soporta mucho más la interferencia o ruido), este sistema es también limitado por el ruido o interferencia, por tanto determina la cantidad de usuarios que podemos tener.

A diferencia de AMPS/TDMA, CDMA se limita en 'soft capacity' (es una particularidad de CDMA, capacidad de usuarios que tienen) , Ej. Si el sistema empieza a detectar un incremento de ruido en todos los usuarios entonces entramos en el proceso de 'soft capacity', es decir debido a la interferencia se limita la asignación de usuarios .

Cada usuario es una fuente de ruido en el canal compartido, el ruido causado por los usuarios es acumulable, por tal esto genera un límite práctico al número máximo de usuarios.

El control de potencia de móviles es crucial si deseamos, maximizar la capacidad de sistema y aumentar la vida de batería de los móviles.

La meta es mantener al móvil a la misma potencia requerida para darle servicio, idealmente la potencia recibida en la radiobase de cada usuario debe ser la misma y lo más baja posible.

Los móviles que transmiten demasiado fuerte pueden interferir en la comunicación de los demás usuarios del canal.

6.2.1 Control de potencia de loop abierto

El primer control de potencia que se ha establecido en CDMA es el de Loop abierto, se dice loop abierto porque: no se tiene una correspondencia del móvil hacia la radiobase de la información que fue llevada la radiobase al móvil.

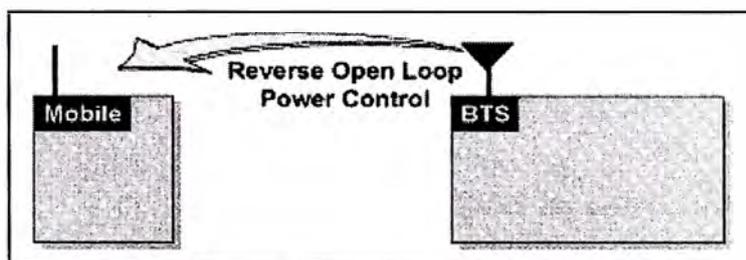


Fig. 6.1 Control de potencia de loop abierto.

El móvil efectúa un estimado inicial del poder de transmisión requerido, basado en la potencia de recepción detectada.

Los problemas del control de potencia de Loop Abierto son:

- Asume exactamente la misma pérdida de señal en ambos sentidos (móvil – radiobase, radiobase - móvil); por tanto no contempla el fading asimétrico (desvanecimiento asimétrico).
- Los estimados se basan en la potencia total recibida; sin embargo la señal recibida desde otras celdas vecinas provocan inexactitudes.

La potencia estimada de salida del Loop Abierto Inverso (Potencia a la cual el móvil enviara a la radiobase en función de la potencia recibida). Se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Pot. media de salida (dBm)} = & - \text{Pot. media de entrada (dBm)} + K \\ & + \text{NOM_PWR} - 16 \times \text{NOM_PWR_EXT} \\ & + \text{INIT_PWR} \end{aligned}$$

La constante K “constante turn around” es calculada asumiendo una potencia efectiva radiada (ERP) de celda nominal de 5 W y una carga de celda nominal de 50%. Su valor es de -73 para sistemas celulares y -76 para sistemas PCS.

Pruebas subsecuentes en las secuencias son enviadas al incrementar los niveles de potencia (cada prueba es incrementada por un valor igual al parámetro PWR_STEP).

El nivel de potencia de salida para la transmisión inicial sobre el Canal de Trafico Inverso será:

$$\begin{aligned} \text{Pot. media de salida (dBm)} = & - \text{Pot. media de entrada (dBm)} \\ & + K \\ & + \text{NOM_PWR} - 16 \times \text{NOM_PWR_EXT} \\ & + \text{INIT_PWR} \\ & + \text{la suma de todas las correcciones de las pruebas} \\ & \text{de acceso (dB)} \end{aligned}$$

6.2.2 Control de potencia de loop cerrado

Se llama Loop cerrado porque ya se cuenta con una correspondencia cerrada entre el móvil y la radiobase. Ahora el que realiza la medición de la potencia es la radiobase por tal este mecanismo proporciona una corrección sobre la potencia de salida media del canal de trafico inverso, respecto a la estimación anterior.

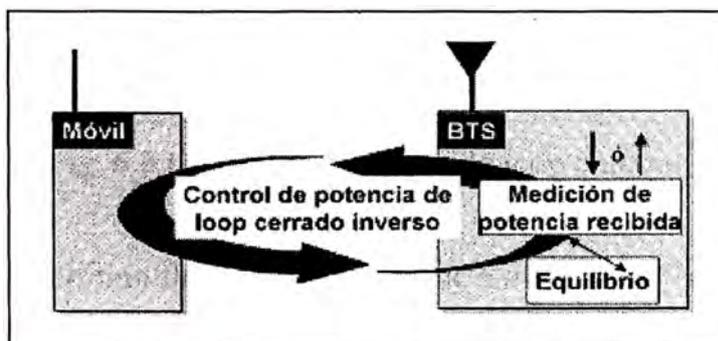


Fig. 6.2 Control de potencia de loop cerrado.

La idea es que la primera estimación se realice en el lazo abierto y luego se realice el de lazo cerrado.

Este control de potencia compensa las asimetrías de fading (desvanecimiento) en ambos sentidos. Consiste en mensajes de subir potencia (0) o bajar (1), enviados a cada móvil, basados en el nivel de potencia recibido por la radiobase comparado con un punto de equilibrio (setpoint).

Cada comando pide 1 dB de incremento o decremento a la potencia de trasmisión de cada móvil, estos comandos se transmiten cada 800 veces por segundo.

Por lo tanto este proceso de control de potencia, nos permite compensar los efectos de fading rápido (desvanecimiento rápido).

6.2.3 Control de potencia de loop externo

Este es otro mecanismo para poder realizar el control de potencia, pero ahora ya no solo se involucra al móvil y a la radiobase, ahora también involucra al BSC (controlador de las radiobases).

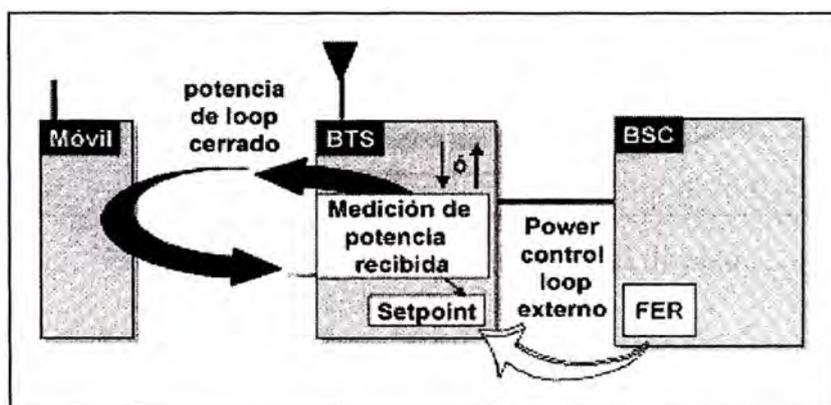


Fig. 6.3 Control de potencia de loop externo.

En el BSC aparece un termino llamado FER "Frame Error Rate" (Tasa de error de tramas), existe comunicación entre el móvil y la radiobase sobre el nivel de potencia a transmitir , estos comparados sobre un punto de equilibrio (setpoint).

El que realiza el control de FER es el BSC, debe tener un valor típico del 1% , el setpoint (punto de equilibrio) se manipula de acuerdo al FER , esto quiere decir que el encargado de variar el setpoint (punto de equilibrio) de las radiobases es el BSC.

El BSC monitorea 50 tramas por segundo (20 ms/trama) , para calcular el porcentaje de errores de tramas (FER). Con en fin de actualizar o no el setpoint (punto de equilibrio) y esta actualización se da cada 1 o 2 segundos.

Cabe recalcar que el FER determina el grado de servicio (probabilidad de bloqueo) por la cual se puede dimensionar la capacidad de la red (usando las tablas de Erland).

6.2.4 Control de potencia de canal directo

Este mecanismo realiza un control de potencia del canal directo, aquí interviene en móvil, la radiobase y la BSC. Pareciera ser el mismo caso que el control de potencia de loop externo, pero no, la diferencia radica en que la medición del FER se realizara en el móvil y no en el BSC.

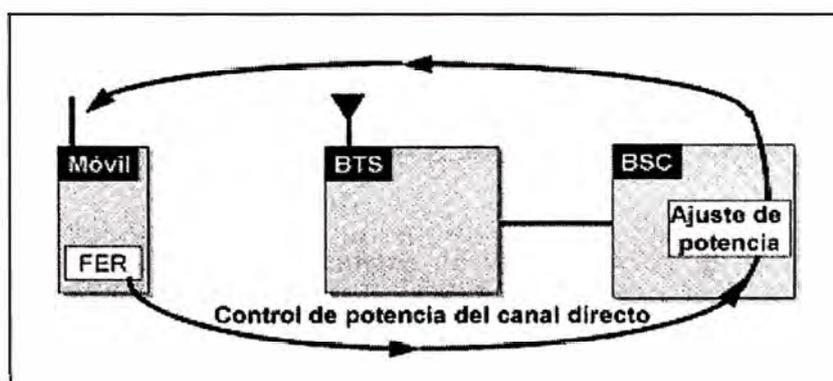


Fig. 6.4 Control de potencia de canal directo.

El móvil será capaz de reportar estadísticas de FER hacia la radiobase, si esta radiobase habilita reportes periódicos el móvil realizara reportes de FER a ciertos intervalos específicos. Para el cual el móvil tendrá especificado un umbral superado este umbral el móvil envía los mensajes de FER a la radiobase.

Este reporte recibido por la radiobase será enviado a la BSC para que este ajuste su setpoint (ajuste de potencia).

La radiobase reduce gradualmente su potencia de trasmisión, a medida de que el FER medido, de los móviles aumenta, estos requieren un aumento en la potencia del canal directo a las radiobase.

6.3 Registro CDMA

El registro es el proceso con el cual los móviles notifican al sistema su ubicación, estado, identificación y demás parámetros informativos.

Debe existir un balance entre los registros y el servicio de paging, porque un registro esporádico aumenta el tráfico de paging y un registro frecuente satura los canales de acceso.

Hay dos tipos de registros:

- No – Autónomo : Explícitamente requerido por el sistema, o provocado por mensajes enviados al móvil.
- Autónomo: Provocado por algún evento local del móvil sin intervención por el sistema.

6.3.1 Sistemas y redes

Los sistemas y redes se agrupan de una cobertura por medio de los siguientes identificadores:

Un sistema es identificado por el número de identificación de sistema "SID" (System Identification Number), y una Red dentro de un sistema es identificada por el número de identificación de red "NID" (Network Identification Number).

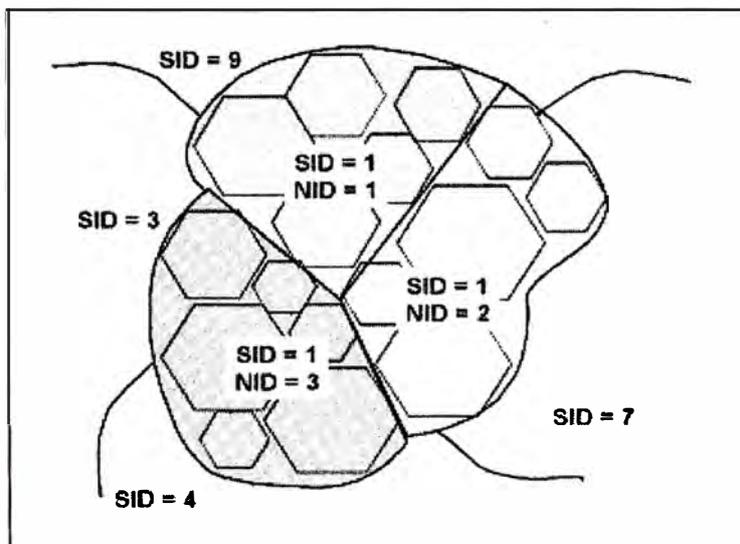


Fig. 6.5 Sistemas y redes.

Por tanto una radiobase pertenece a un sistema CDMA , esta radiobase dentro de un sistema puede ser agrupado opcionalmente dentro de redes.

Adicionalmente a la agrupación de las radiobases dentro de una jerarquica de sistemas y redes. Las radiobases tambien pueden ser agrupadas en zonas arbitrariamente definidas “zonas TMSI” (‘Temporary Mobile Station Identity’ o ‘identidad de la radiobase en forma temporal’).

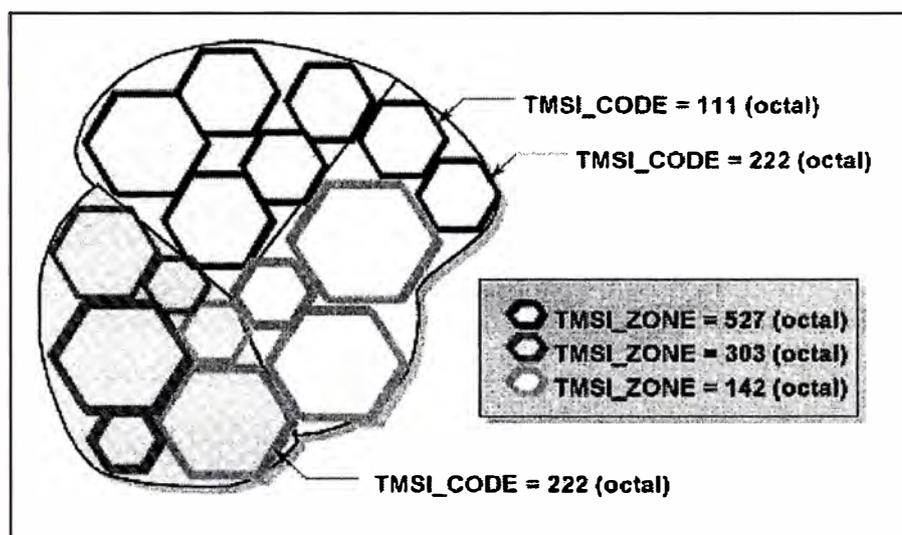


Fig. 6.6 Zonas TMSI y códigos TMSI.

Esta asignación temporal es un numero asignado localmente, utilizado para direccionar al móvil , lo que realiza el móvil es obtener el TMSI asignado por la radiobase a través de un mensaje que le envíe , este mensaje es el “TMSI Assignment”, el cual el móvil responderá con un mensaje “TMSI Assignment Completion” .

El TMSI es un numero que no tiene ninguna asociación con la identidad del móvil (IMSI) , ESN, o el numero del directorio del móvil. Puesto que todos estos son identificaciones permanentes.

La zona TMSI es definido como un conjunto arbitrario de radiobases creadas para una administración de TMSI's

El código de TMSI (TMSI_CODE), es asignado únicamente a una radiobase dentro de la zona TMSI. Y el mismo código de TMSI puede ser reusado para identificar a diferentes radiobases a una zona diferente de TMSI.

El par (TMSI_ZONE , TMSI_CODE) es una identidad global única para la radiobase. Este par es llamado “Full TMSI” de la radiobase.

6.3.2 Roaming

El roaming es el desplazamiento que tiene una estación móvil de una zonal de cobertura definida como local hacia otra zonal de cobertura donde el móvil será un visitante , ya sea dentro de un mismo departamento país o en otro país.

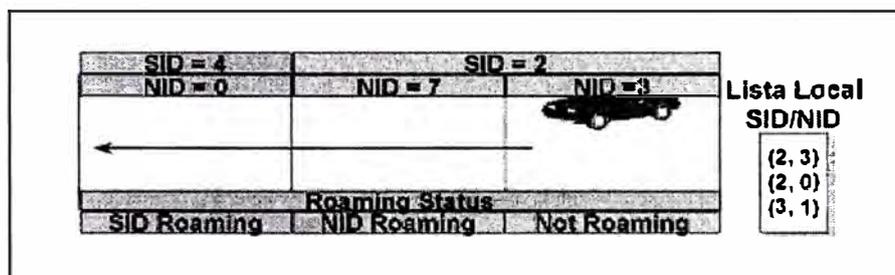


Fig. 6.7 Roaming.

Un móvil puede estar en cualquiera de los siguientes estados de roaming:

- HOME: El móvil se encuentra en área local (no roaming).
- NID roaming: El móvil esta dentro de un NID externo pero en el SID local .
- SID roaming: El móvil esta dentro de un SID externo.

Un móvil mantiene una lista de uno o mas “home-pairs”, estos son combinaciones de SID/NID definiendo el área local del móvil y están almacenadas en una memoria semi-permanente.

La identidad del SID/NID actual esta contenida en el mensaje de parámetros del sistema (enviado sobre el canal de Paging).

6.3.3 HLR y VLR

El HLR 'Home Location Record' (registro de usuarios locales), tiene las siguientes características:

- Contiene datos permanentes del usuario.
- Contiene información dinámica.
- Soporta enrutamiento de llamada.
- Permite petición por el Switch para observar la localización del móvil.

El HLR 'Home Location Record' (registro de usuarios visitantes), tiene las siguientes características:

- Contiene datos temporales del usuario.
- Almacena un conjunto de datos del HLR relacionados a los móviles que se encuentran actualmente en el área de servicio VLR.

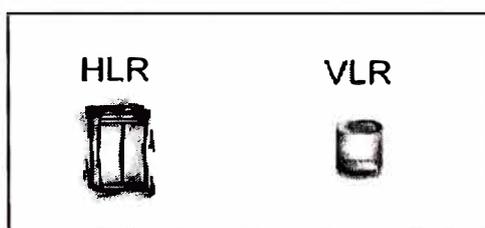


Fig. 6.8 el HLR y el VLR.

Estas bases de Datos se encuentran en Switch, y que estas bases de datos interactuaran en forma constante, sobre todo para actualizar a los usuarios y a los Switches de su red (en el caso que se tenga mas de un Switch en la red).

6.3.4 Tipos de registros CDMA

Los tipos de registros en CDMA , como lo mencionamos anteriormente, pueden ser autónomos y no autónomos. Todos los registros pueden ser activados o anulados en el Mensaje "System Parameter". CDMA soporta hasta 9 tipos o formas de registro,

Entre los registros autónomos tenemos a:

- Registros de encendido.
- Registro de apagado.
- Registros por tiempo.

- Registros por zona.

Y entre los registros no autónomos tenemos a:

- Registro por cambio de parámetros.
- Registro implícito.

Revisaremos a continuación todos los registros autónomos:

a) Registro de encendido.

Este registro del móvil se efectuara evidentemente cuando el usuario prende el teléfono o cuando hay un cambio de sistema (roaming) .

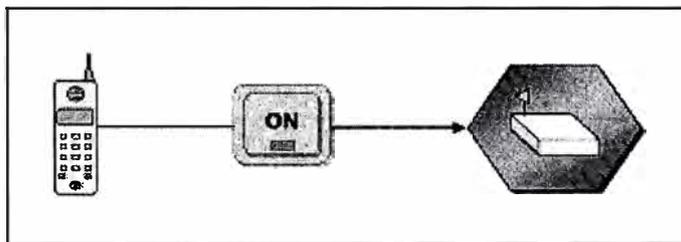


Fig. 6.9 Registro de encendido.

Tiene un retraso de 20 segundos, previendo registros múltiples ocasionados por situaciones no deliberadas (Ej. Cuando el móvil pasa a través de un túnel).

b) Registro de apagado.

Se móvil realiza este registro cuando el usuario apaga el teléfono, este registro sucederá solo bajo esta acción especificada.

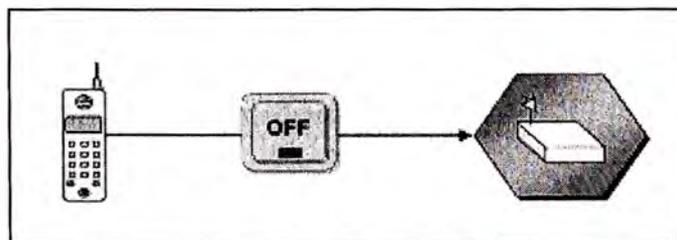


Fig. 6.10 Registro de apagado.

El registro de apagado no ocurrirá si el móvil no está registrado en el sistema actual, Ej. Si el usuario pertenece a otra operadora (dentro de un país que tienen la misma tecnología, pero diferenciados por la banda), el sistema realiza un check list de su base de datos de usuarios y determina que no pertenece a su red, por tal este registro detectado no se tomara en cuenta.

Previene intentos inútiles para contactar al móvil (situaciones donde uno llama a un móvil y le sale un mensaje que el móvil posiblemente se encuentre apagado), pero es susceptible a fallar (Ej. Apagar el móvil en un sótano).

c) Registro por tiempo.

Este registro está basado en un Timer, por tal este registro se efectúa al expirar un contador. Y dicho lapso es definido en la radiobase.

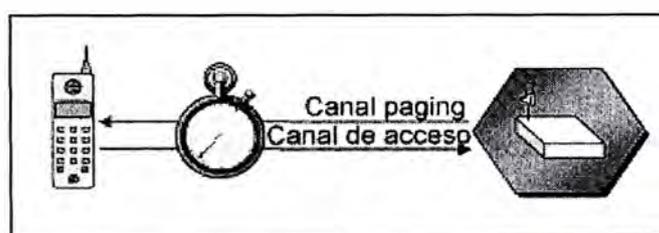


Fig. 6.11 Registro por tiempo.

Permite al sistema dar de baja a usuarios que fallan al intentar su registro de apagado, el timer está configurado para incrementarse cada 80 ms y limitado por el parámetro REG_COUNT_MAX que es controlado por la radioase. Si pasa de dicho límite el sistema da de baja a dicho usuario.

d) Registro por zonas.

Este tipo de registros está basado en zonas, el móvil se registra cuando accesa a una nueva zona, una zona es un conjunto de celdas dentro de la red.

El móvil guarda una lista de las zonas donde se ha registrado, hasta llegar a un máximo determinado por el sistema.

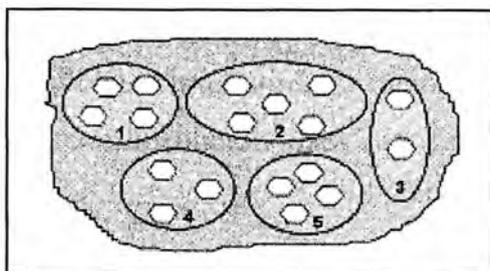


Fig. 6.12 Registro por zonas.

Cada zona es identificada a nivel de red por medio de un número (REG_ZONE) aparte del SID y del NID al cual pertenece.

El móvil accionará un contador por cada zona de la cual sale, y hace un registro de salida cada vez que el tiempo límite expira, el móvil no se volverá a registrar si entra a una zona que aun esta en su lista.

Revisaremos a continuación todos los registros no autónomos:

a) Registro por cambio de parámetros.

El móvil se registra cada vez que modifica (en su memoria) alguno de los siguientes parámetros:

- Índice de Slot Clice.
- Indicador slotted mode.
- Indicadores de terminación de llamada.



Fig. 6.13 Registro por cambio de parámetros.

O alguna categoría de servicio:

- Clases de Banda.
- Clases de Potencia.
- Velocidad de Datos.
- Modos de Operación.

b) Registro implícito

Ocurre cuando el móvil y la radiobase intercambian mensajes no relacionados al registro, los mensajes incluyen suficiente información para identificar al móvil y determinar su localización.



Fig. 6.14 Registro implícito.

Es considerado como exitoso cuando el móvil manda un mensaje de origen y un mensaje de respuesta de paging. Su efectividad se considera adecuado si se incluye confirmación de mensaje recibido.

CAPÍTULO VII

HANDOFFS CDMA

7.1 Objetivos

Los objetivos del presente capítulo es definir handoffs e identificar sus tres tipos (entre celdas, sectores y sistemas) , estudiar los diferentes casos de handoffs en CDMA.

Definir la lista de adquisición cuando el móvil se encuentra en estado disponible (idle) y en llamada.

Identificar que sucede con el control de potencia durante el handoff.

7.2 Handoffs

Handoff es el proceso mediante el cual el móvil mantiene comunicaciones con el Switch, durante el cambio de un área de cobertura hacia otra.

El handoff permite mantener una llamada en curso cuando:

- El usuario cruza los límites de una celda.
- El móvil experimenta un aumento temporal de ruido de RF.
- Una radiobase falla en dar servicio a los usuarios.

Recordemos que el móvil se encarga de monitorear todas las señales piloto que nos da las radiobases y por tanto permite decirle al sistema que ha detectado una señal mejor que la actual , con esta información el sistema inicia el proceso de cambiar de señal.

7.3 Handoffs en CDMA

El handoff se realiza antes de que se caiga la llamada, y es dirigido por el móvil , como usuario del servicio es transparente e imperceptible este proceso, adicionalmente mejora la calidad de señal.

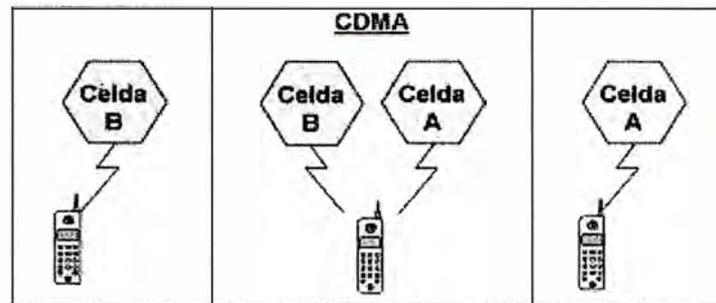


Fig. 7.1 Handoff en CDMA

Las Fases del handoff son:

- Inicio “trigger”, selección de la radiobase con quien realizare el handoff.
- Selección de objetivo.
- Terminación.

Ahora estudiaremos los diferentes tipos de handoff que existen:

Si el móvil se encuentra en un estado libre (idle), entonces se puede realizar el handoff idle, este handoff se realiza en los casos donde el móvil se esta movilizandno sin una llamada en curso.

Si el móvil se encuentra en una llamada en curso, se tienen los siguientes handoffs:

- Soft Handoff.
- Softer Handoff.
- Soft Handoff (inter - sistema).
- Handoff CDMA – a – CDMA.
- Handoff CDMA – a – Análogo.

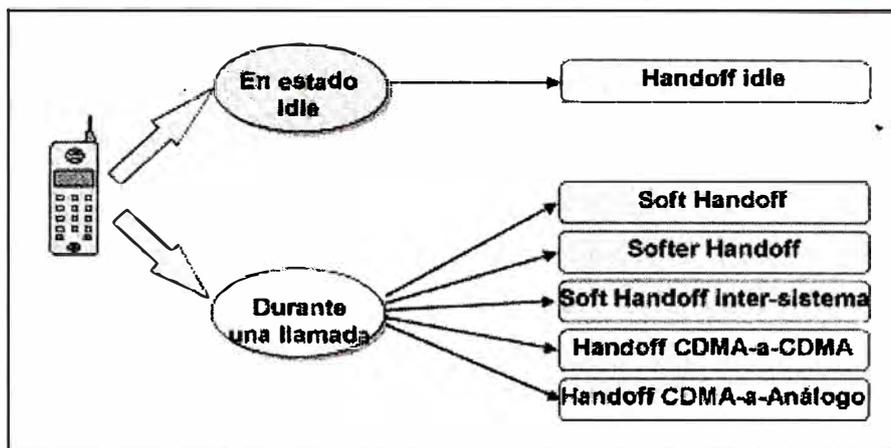


Fig. 7.2 Tipos de handoff en CDMA

7.3.1 Soft handoff

Tenemos dos radiobases controladas por un BSC y MTX, el BSC controla varias estaciones base.

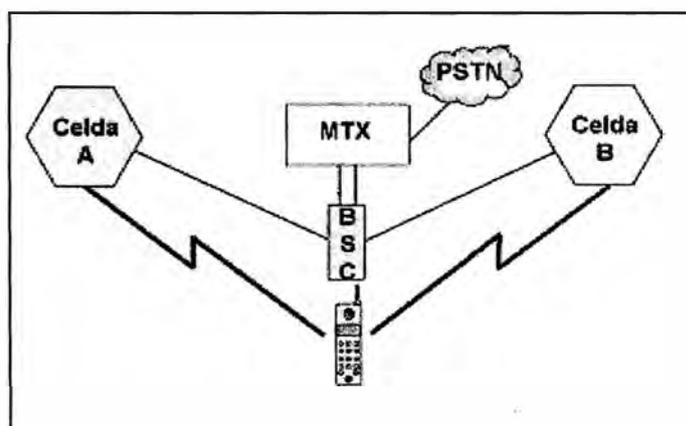


Fig. 7.3 Soft handoff

El móvil comienza a realizar con la radiobase objetivo sin interrumpir comunicaciones con la radiobase objetivo sin interrumpir comunicaciones con la radiobase actual.

Puede involucrar hasta 3 celdas al mismo tiempo, el móvil combina las tramas de diferentes celdas y por ende consume un recurso en cada radiobase para cursar una llamada. El BSC cuenta con la lista de todos los PN que conforman las radiobases que controlan.

7.3.2 Softer handoff

El Softer handoff es entre sectores de una misma radiobase, por tanto el móvil se está desplazando dentro de la cobertura de la radiobase.

Se estila etiquetar a los diferentes sectores de la siguiente manera: El sector que está orientado al norte se le llama “ alfa”, el segundo respecto a las manecillas de reloj se le llamara “beta” y al tercero en el mismo orden de la manecillas de reloj se le llama “gama”, cada sector tendrá 120° de cobertura, esta cobertura en la realidad no tiene una forma geométrica uniforme como teóricamente se muestra, esta es debido a la presencia de obstáculos.

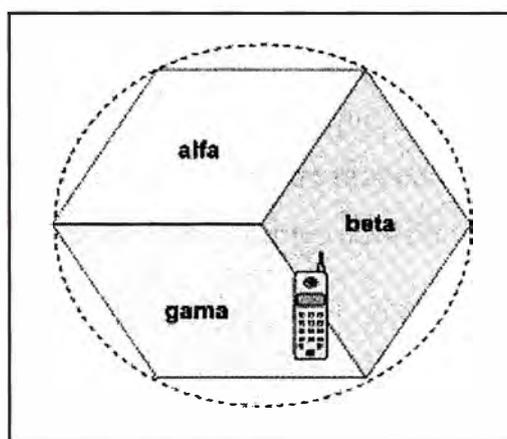


Fig. 7.4 Softer handoff

La comunicación se mantiene sin ningún problema (transparente en la comunicación), este handoff suele suceder con gran frecuencia.

El MTX y el BSC son notificados pero no participan en el proceso del softer handoff, todo lo maneja la radiobase.

7.3.3 Inter – System Soft Handoffs (ISSHO)

Un handoff Inter-system soft (ISSHO) es uno en que el móvil comienza una comunicación con una radiobase controlada por un diferente BSC , mientras aun mantiene la comunicación con la antigua radiobase controlada por el BSC de origen. En este caso los dos BSC's están conectados por dos diferentes MTX's.

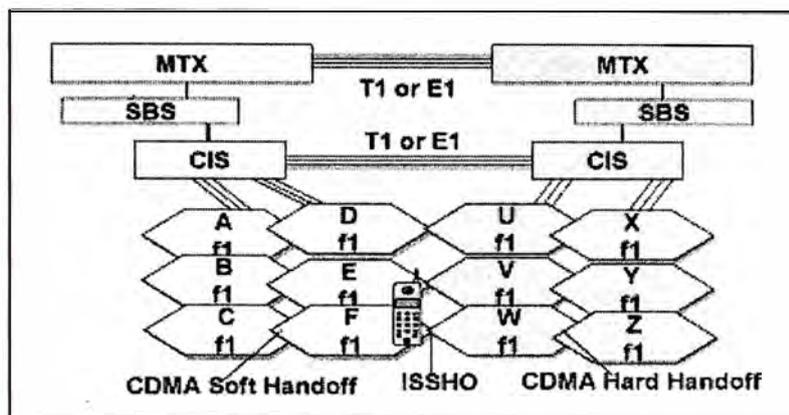


Fig. 7.5 Softer handoff

7.3.4 Hard handoff CDMA a CDMA

El Hard Handoff sucede en las siguientes situaciones:

- El móvil está transmitiendo entre dos celdas que operan sobre diferentes frecuencias CDMA. El móvil es incapaz de mantener comunicación continua con un MTX. Esto podría parar la transmisión, ajustar sus parámetros y restaurar la transmisión (parar-antes-hacer).
- El móvil está transmitiendo entre dos celdas que están conectadas por diferentes MTX's, sin el enlace directo entre las BSC's correspondientes.

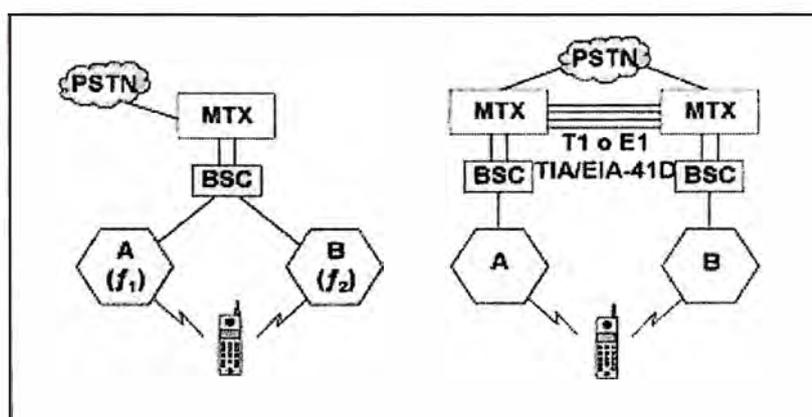


Fig. 7.6 Hard handoff CDMA a CDMA

7.3.5 Hard handoff con uno/varios pilotos

En un Hard Handoff con un solo piloto el móvil solo tiene una celda objetivo.

Con Multi-Pilot Hard Handoff el móvil puede tener hasta 6 celdas objetivos.

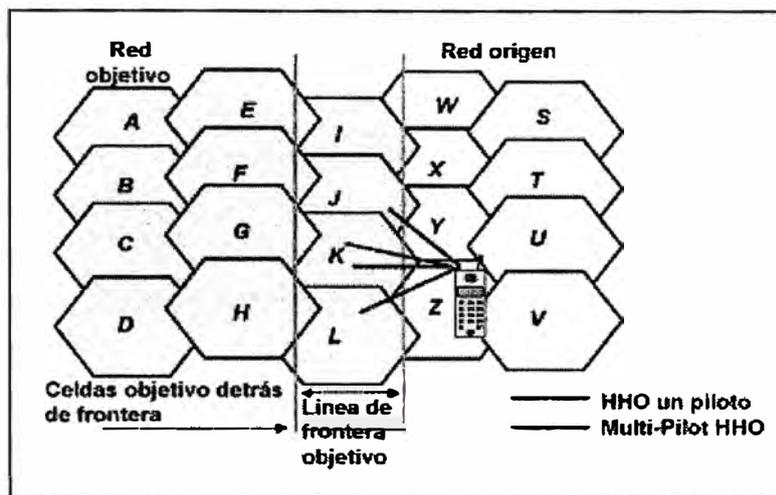


Fig. 7.7 Hard handoff con uno / varios pilotos.

7.3.6 Handoff CDMA ah análogo (Inter. Sistema)

El handoff inter-sistema ocurre mientras el móvil está viajando dentro de un sistema que no es CDMA. El móvil es dirigido desde los canales de tráfico directos hacia un canal de voz analógico de la frecuencia 800 MHz.

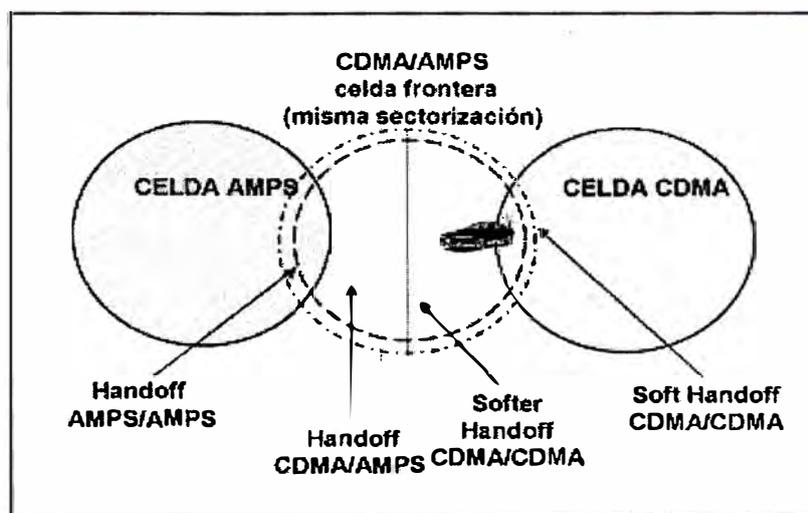


Fig. 7.8 Handoff CDMA – a – análogo (Inter. - Sistema).

El mecanismo de Hard handoff mejorado monitorea la calidad de enlace (FER) y comienza un hand-down hacia la celda AMPS sobrepuesta si se excede un límite.

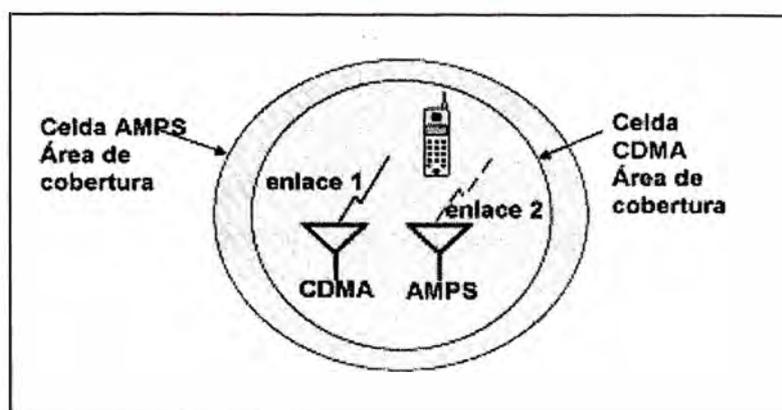


Fig. 7.9 Handoff CDMA – a – análogo (Inter. - Sistema).

7.4 Listas de pilotos

Los canales pilotos son identificados por sus respectivos offsets relativos al piloto con 0° de desplazamiento o offset.

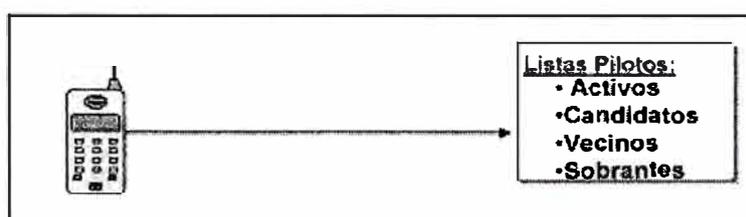


Fig. 7.10 Lista de pilotos.

Lista de pilotos:

- Lista de activos : Pilotos asociados al móvil como primeras opciones de handoff (máximo 6 pilotos).
- Lista de candidatos: Pilotos no incluidos en la lista de activos, pero recibidos con suficiente calidad para demodular un canal de tráfico (máximo 5 pilotos).
- Lista de vecinos: pilotos detectados no incluidos en las listas de activos y candidatos, que no son opción de handoff (cuanto menos 20 pilotos).
- Lista de sobrantes: Los demás pilotos posibles en la periferia.

Todos los pilotos en las listas comparten la misma frecuencia, todas las listas cambian de manera dinámica al efectuarse los handoffs.

CONCLUSIONES

1. La tecnología CDMA define una red telefónica móvil terrestre completa, de naturaleza digital y servicios integrados, que comprende el acceso de radio (acceso múltiple por codificación de código), la transmisión , conmutación y señalización. Especificas para soportar las funciones de movilidad y los mecanismos de seguridad para el establecimiento de las llamadas y la protección de la información transmitida durante estas.
2. Una de las mas importantes características de CDMA es el uso eficiente del espectro radioeléctrico, por tal brinda una importante ventaja respecto a las otras tecnologías (Ej. GSM).
3. Una de las principales características de CDMA es la no necesidad del planeamiento de reuso de frecuencias, por tal el planeamiento se dirige mas a un esquema lógico (identificación de celdas por medio de códigos).
4. Las comunicaciones pueden protegerse mas fácilmente mediante técnicas de cifrado. En concreto, este estándar utiliza una norma de cifrado que ofrece una protección razonable, por lo que la interceptación de llamadas por otras personas es casi imposible.

5. La calidad de voz de la telefonía alcanza un equilibrio adecuado entre factores como: fidelidad del sonido, ruido de fondo, ruidos parásitos, cortes de conversación. La comunicación es mucho mas limpia y estable que en los sistemas de telefonía móvil analógica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernando, José M. “Comunicaciones Móviles” Ed. Centro de Estudios “Ramón Areces”, 1997.
2. Jhon Sam Lee. “CDMA System Engineering Handbook” 1998.
3. Kamil Sh. Zigangirov. “Theory of Code Division Multiple Access Communication” , Ed John Wiley & Sons , 2004.
4. Adam Rosenberg “CDMA Capacity and Quality Optimization” Ed, McGraw-Hill, 2003.
5. INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION (ITU) Radio Communications Sector (ITU - R) Reports and Recommendation Series M (Mobile Services).