

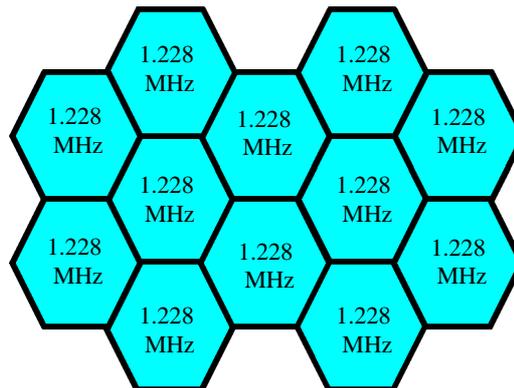
3.3. SISTEMA IS-95

El sistema celular CDMA es actualmente empleado en Estados Unidos y en otras partes del mundo. Utiliza una velocidad básica de 9600 bits/s en cada canal de comunicación. Esta velocidad es incrementada hasta los 1.2288 Mbits/s (señal de espectro ensanchado) que se emplean para transmitir la señal por el canal radio. Este proceso se realiza aplicando una serie de códigos digitales a los bits de datos que aumentan la velocidad binaria de transmisión y añaden redundancia al sistema. Esta señal es transmitida empleando una modulación QPSK filtrada al límite del ancho de banda, es decir, a los 1.2288MHz asignados al canal de radio.

En recepción, el proceso de decodificación recupera el ancho de banda de la señal original correspondiente a una velocidad binaria de 9600 bits/s. Para ello se ha de conocer el código con el que fue expandida la señal. Cuando la decodificación se aplica a la señal de otros usuarios la señal mantiene los 1.2288MHz de ancho de banda.

El estándar IS-95 fue diseñado como un sistema dual que permite operar a los móviles tanto con tecnología CDMA como con AMPS. Para ambos sistemas se utiliza el espectro continuo que venía empleándose para AMPS. La razón por la que se haya utilizado el mismo espectro para CDMA, es el poder reutilizar la infraestructura existente ya para AMPS y facilitar de esta forma su expansión

IS-95 usa un ancho de banda 1.228 Mhz siendo este el mismo en cada celda del sistema lo que provoca que el factor de reutilización de frecuencia sea 1.



Los canales CDMA ascendente y descendente están separados por 45 o 80 Mhz en función del sistema con el que se implementen.

IS-95 define una serie de características y operaciones para los canales de tráfico en sentido ascendente y descendente. Algunas de estas operaciones, a pesar de estas definidas con el mismo nombre, son en muchos casos operaciones diferentes, ya que definen lo que se hace con la señal pero no matiza los parámetros que van a caracterizar el proceso aplicado. Estas características que diferencian ambos sentidos en los cuales se mueven la información se distinguen en atención a:

- la tasa de transmisión.
- métodos de codificación.
- forma en que los bits son ensanchados.

3.3.1. Introducción a la estructura de canal de IS-95.

El sistema aplique diferentes operaciones a los datos para su transmisión en función del sentido que estos lleven y esto obliga a estudiar de forma separada los procedimientos que se aplican a los datos enviados por cada uno de los canales. El enlace descendente está dividido en canales de control y de tráfico, cada canal identificado por un código específico de Walsh. Existen tres tipos de canales de control:

- un canal piloto.
- un canal de sincronismo.
- de uno a siete canales de búsqueda (paging channels).

En el canal hacia atrás el canal consiste tanto en canales de tráfico como en canales de acceso. Todos estos canales están identificados con una secuencia larga pseudoaleatoria (PN) la cual los caracteriza de forma única a la hora de acceder al sistema y diferenciar a una señal caracterizada con una u otra secuencia pseudoaleatoria.

IS-95 utiliza, pues, un código pseudoaleatorio (PN) para la codificación y ensanchamiento de la información. El término pseudoaleatorio se utiliza porque este código tiene características similares a las del ruido ya que la secuencia parece aleatoria comportándose como tal cuando la señal es recogida por un receptor al que no va dirigida y que por lo tanto no aplica el código necesario con el que se ha ensanchado la señal, que hace que la señal se pueda extraer.

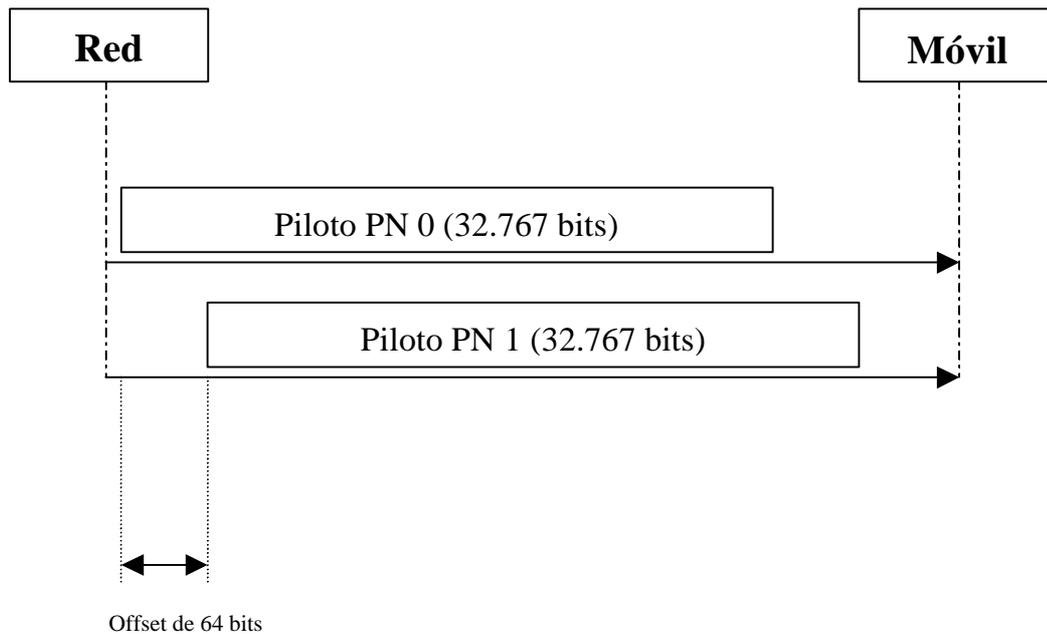
La secuencia pseudoaleatoria debe ajustarse a una serie de requisitos. El número de 0's y de 1's no puede diferir en más de uno. Este atributo es llamado propiedad de balance. Además, se ha de cumplir que el 50% de la secuencia debe tener una alternancia de uno a uno entre 0's y 1's mientras que el 25% de la secuencia debe tenerla de dos en dos. Estas características las presenta las secuencias de Bernoulli. Por otro lado la secuencia debe proporcionar una correlación nula o de bajo valor cuando esta se realiza con una copia de ella pero desplazada minimizando entre otras cosas el efecto de desvanecimiento multitrayecto producido por las diferentes componentes multicamino que son recogidas en la antena. La secuencia PN debe de ser y así es una secuencia ortogonal para una copia de si misma desplazada (con offset).

Este tipo de secuencias son generadas con registros de desplazamiento retroalimentados como los mostrados en el apartado de generación de señales pseudoaleatorias.

IS-95 usa dos tipos de secuencias pseudoaleatorias. Una corta y otra larga. El código corto es generado con una registro de longitud 15 y la longitud de código que genera sin repetición es de $2^{15}-1$. Al ser generados estos códigos a 1.228 Mhz este tarda en completarse y volver a repetirse 26.26 ms. Este código es utilizado para ensanchar la señal tanto en el canal downlink como en el uplink. El objetivo de este código es caracterizar a cada estación base generando todas las estaciones móviles la misma secuencia pero con offset distinto.

El código largo tiene una longitud de $2^{42}-1$ y esto tarda en repetirse 41 días. Este código es utilizado por dos motivos. Identifica cada canal y para el canal hacia adelante es usado como "mezclador" (scrambling).

Por lo tanto cada estación base es identificada por una secuencia PN que está desplazada en el tiempo, esto es tiene, un offset. Hay 512 offset disponibles, y un canal piloto indica el valor que se toma en cada estación base y que está entre los valores 0-511 ambos inclusivos.

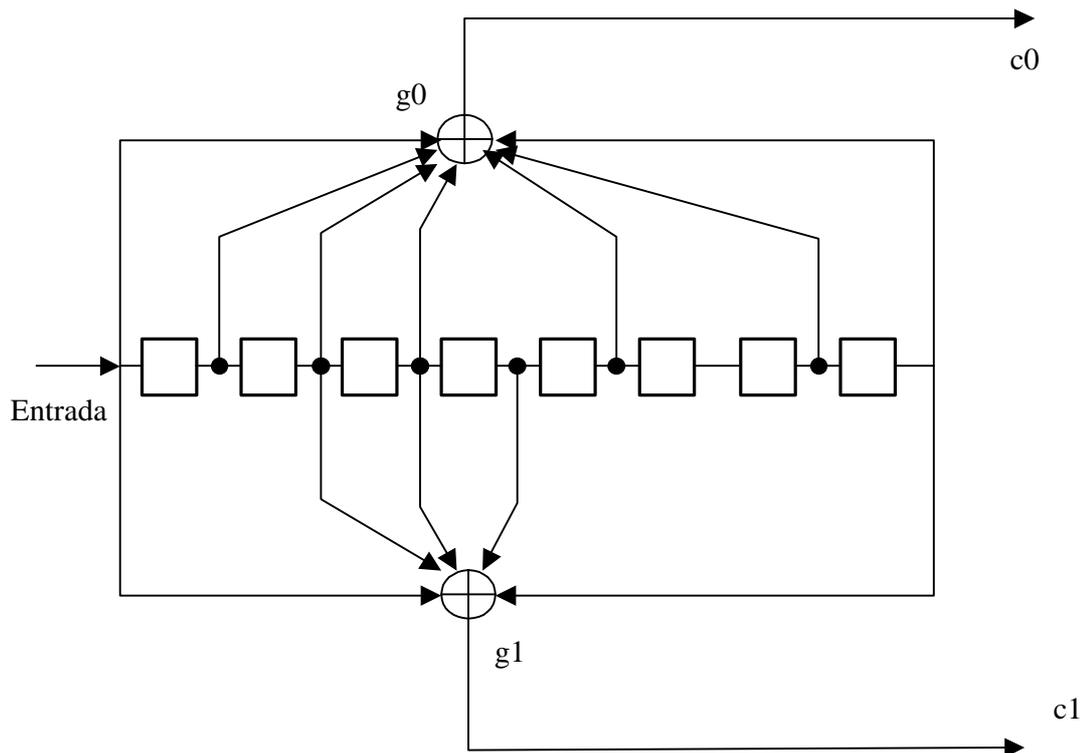


3.3.2. Análisis de las funciones de la capa física.

3.3.2.1. Codificación convolucional.

Si una cierta cantidad de error puede ser tolerada en el canal, es posible reducir la potencia necesaria para transmitir con el fin de conseguir un mayor ahorro de energía esencial en equipos portátiles que garantice una mayor autonomía. Poder admitir una cierta cantidad de error en la comunicación es posible gracias a que existen métodos que posibilitan recuperar la calidad de la comunicación perdida. Esto se realiza mediante la codificación, y en concreto con códigos convolucionales los cuales nos ayudan a regenerar la información usando técnicas de decodificación de Trellis.

La codificación convolucional es aplicada tanto en el canal hacia adelante como en el reverso. Las características del algoritmo convolucional utilizado son $k=9$ y $R=1/2$.



donde :

K : longitud límite, longitud de datos $\rightarrow K-1$

R : $1/2$, una entrada produce dos salidas.

En la figura mostrada se visualiza el codificador $K=9$, $R=1/2$

3.3.2.2. La función repetición

La siguiente etapa es la función repetición. Como el nombre indica, repite los datos de entrada n veces a una frecuencia de salida de 19.2 ksímbolos por segundo en la configuración 1 y 28.8 para la configuración 2.

El número de veces que los datos son repetidos depende de la tasa de datos a la entrada de la función de repetición. El efecto de la repetición es añadir redundancia a la transmisión, la cual ayuda a combatir los efectos perjudiciales que ocurren en el canal de propagación. Por otra parte la repetición nos da una adaptación de velocidad con lo cual se crea un flujo de entrada constante (19.2 o 28.8 kbps).

Los canales de sincronización, búsqueda y de tráfico emplean repetición de símbolos. Para el canal de sincronización, cada señal codificada convolucionalmente es repetida una vez antes de ser colocada en la función de entrelazado de bloques.

Los canales de tráfico y búsqueda se comportan de manera ligeramente distinta. Cada símbolo codificado convolucionalmente es repetido cada vez que la tasa de información es menor de 9600 bits/s. Si los símbolos codificados van a 4800 bits/s, el símbolo es repetido una vez, mientras que si fuera 2400 bits/s repetido 2 veces. La idea es proporcionar una adaptación en la velocidad para tener una entrada común a la función de

entrelazado de bloques. Por consiguiente, esta operación de repetición crea una tasa de símbolos estándar de 19.2 símbolos/s.

3.3.2.3. Entrelazado de bloques

El entrelazado de bloque es una función normal en los entornos de comunicaciones móviles. El entrelazado mitiga el efecto del desvanecimiento Raiyleigh. El efecto es colocar los bits en periodos de tiempo no contiguos. Lo que se hace en IS-95 es entrelazar 384 bits cada 20ms. Después de que los canales de sincronización, búsqueda y de trafico hayan pasado por la función de repetición, ellos son colocados por la función de entrelazado.

Las siguientes tablas muestran la entrada y salida del canal de sincronización al bloque de entrelazado.

1	9	17	25	33	41	49	57
1	9	17	25	33	41	49	57
2	10	18	26	34	42	50	58
2	10	18	26	34	42	50	58
3	11	19	27	35	43	51	59
3	11	19	27	35	43	51	59
4	12	20	28	36	44	52	60
4	12	20	28	36	44	52	60
5	13	21	29	37	45	53	61
5	13	21	29	37	45	53	61
6	14	22	30	38	46	54	62
6	14	22	30	38	46	54	62
7	15	23	31	39	47	55	63
7	15	23	31	39	47	55	63
8	16	24	32	40	48	56	64
8	16	24	32	40	48	56	64

La siguiente tabla muestra la salida.

1	3	2	4	1	3	2	4
33	35	34	36	33	35	34	36
17	19	18	20	17	19	18	20
49	51	50	52	49	51	50	52
9	11	10	12	9	11	10	12
41	43	42	44	41	43	42	44
25	27	26	28	25	27	26	28
57	59	58	60	57	59	58	60
5	7	6	8	5	7	6	8
37	39	38	40	37	39	38	40
21	23	22	24	21	23	22	24
53	55	54	56	53	55	54	56
13	15	14	16	13	15	14	16
45	47	46	48	45	47	46	48
29	31	30	32	29	31	30	32
61	63	62	64	61	63	62	64

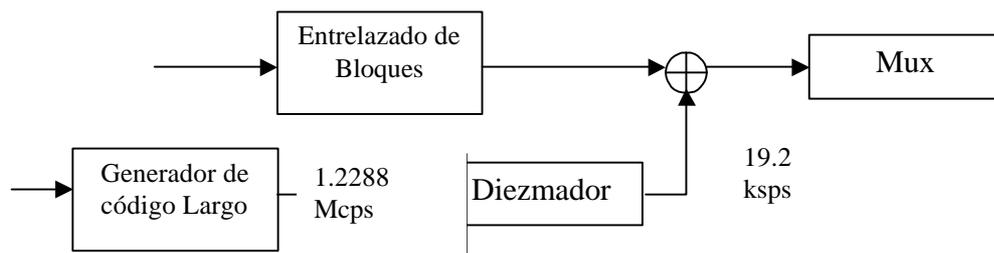
3.3.2.4. Ensanchado (Scrambling).

Los fragmentos de datos entrelazados son mandados al ensanchador, que altera el flujo de bits con un generados de código largo. La entrada a esta función es el numero de serie electrónico del usuario (ESN). En los EE.UU, la Comision Federal de Comunicaciones requiere que se use un ESN por cada estación móvil del sistema celular. El ESN es numero binario de longitud 32 que identifica de forma única una unidad celular. El ESN para una estación móvil es establecido por el fabricante en la fabrica y se supone que no puede ser fácilmente alterado. Es grabado (quemado) en la ROM de tal forma que esa circuitería dando el numero es segura.

El ensanchado de datos se lleva a cabo en la salida del entrelazado de símbolos con una operación de adición en modulo 2. Esta se realiza con el valor binario de un código largo PN operando a una velocidad de 21.2288 MHz. Sin embargo, solo la primera salida de cada 64 bits es usada para el ensanchado, lo que resulta tasa de 19.2 simbolos/s. esta operación se lleva a cabo por un diezmadador.

Con el uso del ESN del usuario, el trafico de usuario queda identificado de forma única con respecto a otros usuarios. Este ESN es accesible por la red cuando el usuario manda información necesaria en un mensaje de acceso.

Scrambling evita el envío de patrones repetitivos en el enlace radio, lo cual reduce la probabilidad de mandar un pico de potencia al mismo tiempo, el cual degradaría el canal de RF debido a picos parásitos de potencia. El factor aleatorio es alcanzado gracias al uso del ESN, el cual debe ser diferente otros ESN's.

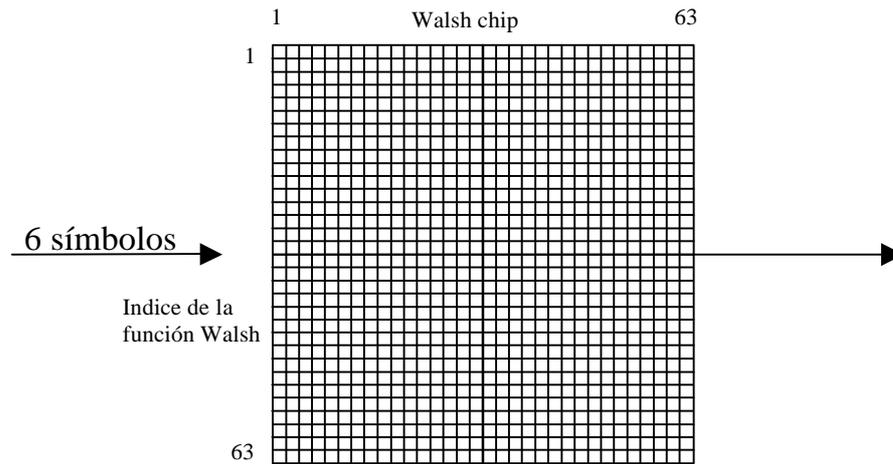


3.3.2.5. Esparcimiento Ortogonal

El siguiente paso es el ensanchamiento ortogonal, que supone la aplicación de un código de Walsh ortogonal al flujo de bits. Los códigos de Walsh W8 a W63 sirven para identificar cada canal de trafico descendente. La tasa de bits completa llamada chip rate en el interfaz de aire es 1.2288 Mbit/s, que es el resultado del ensanchamiento de una secuencia de entrada de 19.2kbps con un código Walsh de 64 bis ($19.2 \times 64 = 1.2288$ Mbit/s).

El resultado de la acción del código ortogonal de Walsh sobre es usado como entrada a un proceso de esparcimiento en cuadratura, el cual de forma adicional codifica la señal con una secuencia PN. Que es única para cada estación base. De hecho todas las estaciones en el sistema usan la misma secuencia de PN, pero cada estación base usa uno de los 512 offset para mantener cada estación base identificada de forma única.

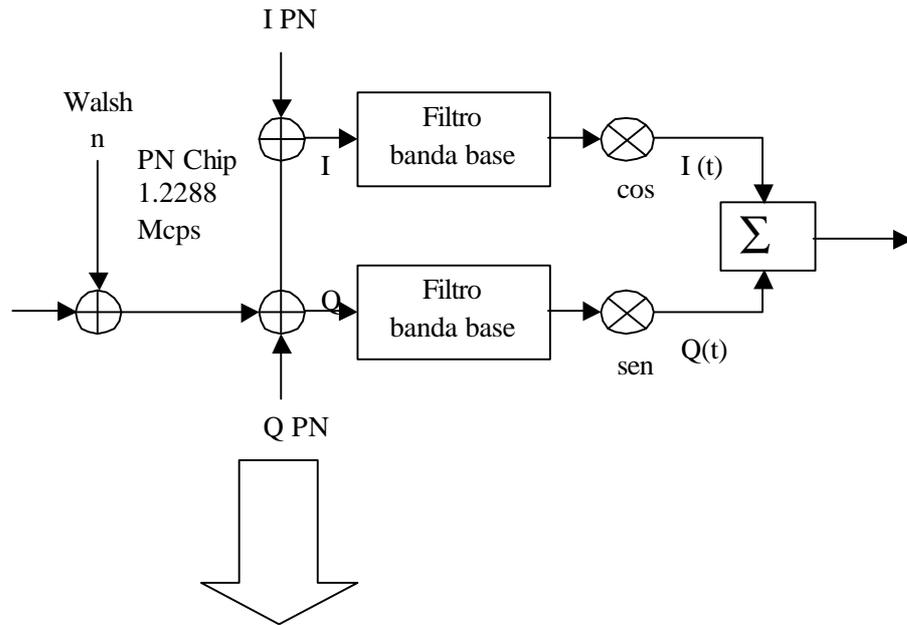
Un ejemplo de modulación ortogonal puede ser:



- Esparcimiento en Cuadratura.

Tras el ensanchamiento ortogonal, cada canal es posteriormente ensanchado en cuadratura con una secuencia de longitud 2^{15} , 32768 chip. La tasa de chip para la secuencia es de 1.2288 Mcps. son usadas dos secuencias PN, en I y Q

El periodo de la secuencia PN piloto es la longitud de la secuencia de cuadratura de 32768 dividido por la tasa de chip 1.228.800 para igualar la secuencia piloto PN a una secuencia piloto PN de periodo 26.666 ... ms. De esta forma tenemos cada 2 segundos, 75 secuencias PN repetidas



I	Q	Fase
0	0	$p/4$
1	0	$3p/4$
1	1	$-3p/4$
0	1	$-p/4$