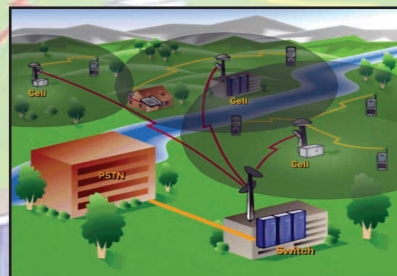


TELEFONÍA CELULAR

Modulación FSK en la Tecnología CDMA

Las comunicaciones inalámbricas celulares han ido cambiando de manera espectacular en los últimos años. A continuación explicaremos lo que significa el Código de División de Múltiple Acceso o CDMA. Esta es una tecnología de comunicaciones celulares e inalámbricas establecida en Estados Unidos y que está en pleno crecimiento debido a las características favorables con que cuenta.



Por: Eduardo Navas, Ledesma Milady,
Tovar Jesús y Azuaje Yonander

<http://www.monografias.com/trabajos13/modu/modu.shtml>

Introducción

Vale la pena notar que mientras los esquemas de acceso múltiple FDMA y TDMA tienen una capacidad limitada por el ancho de banda disponible y el ancho de banda de cada uno de los canales múltiples deseados, *en el caso del CDMA no existe este limitante*. En ésta, como se verá más adelante, se pueden adicionar nuevos usuarios teniendo presente que el precio que se paga es la pérdida de calidad en la comunicación. Al final, se da una pequeña reseña de lo que es la modulación de frecuencia FSK. Podemos decir que es muy parecida o tiene mucho que ver con FM.

El Desafío Celular

Las primeras redes celulares del mundo fueron introducidas en los años 80 tempranos, usan-

do tecnologías de radio análogas de la transmisión tales como amperios (Sistema de Teléfono Móvil Avanzado). Luego de algunos años, los sistemas celulares comenzaron a golpear un techo de la capacidad mientras que millones de nuevos suscriptores firmaron para arriba para el servicio, exigiendo más y más airtime. Las llamadas y las señales de comunicaciones caídas de la red, llegaron a ser comunes en muchas áreas.

Para acomodar más tráfico dentro de una cantidad limitada de espectro de radio, la industria desarro-

lló un nuevo sistema de tecnologías sin hilos digitales llamadas TDMA (Acceso Múltiple de la División del Tiempo) y G/M (Sistema Global para el Móvil). TDMA y el G/M utilizaron un protocolo en tiempo repartido para proporcionar tres a cuatro veces más capacidad que sistemas análogos. Pero apenas mientras que TDMA era estandarizado, una solución incluso mejor fue encontrada en CDMA.

La gran atracción de tecnología de CDMA desde el principio ha sido la promesa de aumento extraordinario de la capacidad de albergar usuarios, es decir, el acceso múltiple a las tecnologías inalámbricas.

Los modelos simples sugieren que la mejora de capacidad puede estar más de 20 veces del **narrow-band** existente en las normas celulares. La realidad, claro, es mucho más complicado que los modelos idealizados.



Modulación FSK

Los fundadores de QUALCOMM postularon que la tecnología de CDMA se podría utilizar en comunicaciones celulares comerciales para hacer, incluso, un uso mejor del espectro de radio que otras tecnologías. Desarrollaron los avances dominantes que hicieron CDMA conveniente para celular, entonces demostraron un prototipo de trabajo y comenzaron a licenciar la tecnología a los fabricantes de equipo de la telecomunicación.

Las primeras redes de CDMA fueron lanzadas comercialmente en 1995, y con 10 veces más capacidad que las redes análogas - lejos más que TDMA o el G/M. Desde entonces, CDMA se ha convertido en la "mimada" de todas las tecnologías sin hilos, con sobre 100 millones de suscriptores por todo el mundo. Además de apoyar más tráfico, CDMA trae muchas otras ventajas a los portadores y los consumidores, incluyendo una calidad mejor de la voz, una cobertura más amplia y una seguridad más fuerte.

¿Qué es CDMA?

Tal como dijimos en otras ediciones, CDMA es una forma de "el cobertor - el espectro", una familia de técnicas de comunicación digitales que se han usado en las aplicaciones militares durante muchos años. El principio del centro de espectro del cobertor es el uso de ruido - el portador ondea, y, cuando el nombre implica, el ancho de banda es más ancho que el requerido para el punto simple - **a** - la comunicación del punto a la misma proporción de los datos. Había dos motivaciones originalmente: o para resistirse a los esfuerzos enemigos para bloquear las comunicaciones, o para esconder el hecho que la comunicación incluso, estaba teniendo lugar. Tiene una historia que regresa a los días de la Segunda Guerra Mundial.

El uso de CDMA para las aplicaciones de la radio móviles civiles es nuevo. Fue propuesto teóricamente en los años 1940, pero la aplicación práctica

en el mercado civil tuvo lugar en la última década del siglo pasado. Comercialmente las aplicaciones se colocaron posiblemente debido a dos desarrollos evolutivos.

Uno era la disponibilidad de costo muy bajo, la densidad alta digital integró circuitos que reducen el tamaño, el peso, y el costo de las estaciones del suscriptor a un nivel aceptablemente bajo. El otro era la realización óptima de la comunicación de acceso múltiple que requiere que todas las estaciones del usuario regulan en su transmisor los poderes al más bajo, lo que logra una adecuada calidad.

La tecnología CDMA cambia la naturaleza de la estación del suscriptor de un predominante dispositivo analógico a un predominante dispositivo digital. En CDMA los receptores no eliminan el proceso analógico completamente, pero ellos separan la comunicación encauza por medio de una **pseudo - modulación** al azar que es aplicada y alejada en el dominio digital, no en base a la frecuencia. Los usuarios múltiples ocupan la misma banda de frecuencia. Esta frecuencia universal no es fortuita. Al contrario, es crucial, dando una muy alta eficacia espectral, **éste es el sello de CDMA**.

Constituye una solución de comunicaciones vía radio que se enmarca en lo que se ha dado en llamar la segunda generación de sistemas radio (conocida como 2G), una generación de carácter celular digital que aparece a principios de los años 90 como continuación de la primera, basada en tecnología analógica. La generación 2G se definió hace más de diez años; en concreto, su origen se sitúa en 1992, coincidiendo con el despliegue de **GSM**. De hecho, 2G está conformada por los sistemas GSM y CDMA, este último con una importante presencia en Estados Unidos, conjuntamente con NADC (North American Digital Cellular) y PDC (Personal Digital Cellular).

Sin embargo, en los momentos en que se gestó la 2G todavía no era patente la creciente popularidad de Internet. En consecuencia, estos sistemas

no fueron diseñados con la capacidad suficiente para proporcionar el acceso a Internet de alta velocidad propio de las redes basadas en cable.

Para tratar de remediar esta situación, se está trabajando en el desarrollo de la siguiente generación de medios capaces de proporcionar servicios avanzados de transmisión vía radio. Conocida como 3G o IMT-2000 (el plan lanzado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para la 3G), esta nueva generación añade el concepto de banda ancha a la generación anterior. En concreto, se espera que con la 3G se puedan soslayar las deficiencias de los actuales sistemas en términos fundamentalmente de capacidad de red, a fin de poder acoger el número creciente de usuarios, mejorar los niveles de itinerancia o roaming y aumentar la capacidad de transmisión de información, para poder soportar servicios multimedia e interactividad.

Otro problema que se espera solucionar con esta tercera generación es el de la interoperatividad, ya que las diferentes normas existentes hacen que la itinerancia no pueda considerarse una posibilidad real en todos los sentidos. Es importante señalar que la consecución de un esquema de normas globales y universales resulta crucial en el ámbito de las comunicaciones por radio por su propia idiosincrasia, ya que su valor fundamental reside en la posibilidad de ofrecer una movilidad global; o lo que es lo mismo, ofrecer un esquema de movilidad sin discontinuidades (seamless) por todo el mundo.

CDMA ha alterado la cara del celular y comunicación de PCS de la siguiente manera:

- *Mejorando el tráfico del teléfono y la capacidad.*
- *Mejorando la calidad de la voz y eliminando los efectos audibles.*
- *Reduciendo la incidencia de llamadas dejadas caer.*
- *Proporcionando un mecanismo de transporte fiable para los datos de las comunicaciones, como el facsímil y tráfico del internet.*

- *Reduciendo el número de sitios necesitado para apoyar cualquier tráfico.*

- *Reduciendo el despliegue y optimizando los costos, debido a que se precisan menos células.*

- *Reduciendo la energía de transmisión promedio.*

- *Reduciendo la interferencia de otros dispositivos electrónicos.*

- *Reduciendo los riesgos de salud potenciales.*

Uno de los conceptos más importantes que aplica a cualquier celular, es el de "acceso múltiple". En otros términos, una gran cantidad de usuarios puede acceder a la red sin tener un canal fijo (cauce) especificado. Un cauce puede pensarse como una porción limitada del recurso de la radio para que se asigne temporalmente una llamada telefónica. Varios usuarios pueden compartir el mismo canal pero con diferente codificación y ésta no es fija.

Un método de acceso múltiple es la definición de cómo el espectro de la radio es dividido en los cauces y cómo se asignan los cauces a los usuarios del sistema.

Capacidad

La capacidad de un sistema se refiere a la cantidad de usuarios que pueden compartir simultáneamente el recurso físico del que se dispone (ancho de banda), manteniendo un nivel de calidad adecuado. En el caso de una comunicación que utiliza el esquema de acceso múltiple CDMA, se tiene que la interferencia en la comunicación proviene de dos fuentes diferentes: Una interna y otra externa. La interferencia externa proviene de las células que son vecinas y que están utilizando las mismas frecuencias. La interferencia interna proviene de las transmisiones que realizan los demás usuarios y que se están haciendo por el mismo canal, al mismo tiempo, con códigos diferen-

tes.

A diferencia de los esquemas FDMA y TDMA que tienen una capacidad limitada, en el CDMA la capacidad está limitada únicamente por la calidad de la comunicación que se desee prestar. Como todos los usuarios comparten la misma frecuencia al mismo tiempo, lo que ocurre es que al adicionar usuarios nuevos se produce más interferencia.

Una pregunta lógica es:

¿Qué se puede hacer para reducir la interferencia, tanto interna como externa?

Lo primero es aprovechar las características de las conversaciones telefónicas. Lo segundo es tratar de realzar gestión de potencia. Las conversaciones telefónicas humanas se caracterizan porque el ciclo de actividad de la voz es del orden del 35% al 40%.

Si los equipos transmisores detectan períodos de silencio y durante éstos disminuye la transmisión o simplemente no transmiten, se disminuye la interferencia interna del orden del 60% al 65%. CDMA es la única tecnología que saca provecho de este fenómeno. En cuanto a la gestión de potencia hay que hacerla en ambos sentidos. Se debe regular la potencia que se está transmitiendo de la base al móvil para tratar de disminuir la interferencia externa. Igualmente, hay que regular la potencia que se está transmitiendo del móvil a la base.

Esto se hace con el fin de que un móvil que esté muy cerca de la base no presente una señal tan potente que interfiera demasiado con la señal proveniente de equipos remotos. Dicho en otras palabras, la potencia de transmisión del móvil se debe gestionar de manera tal que en la base, todos los móviles se reciban con igual intensidad. Esto trae, como ventaja adicional, mayor economía en la alimentación de los equipos móviles y una mayor duración de las baterías. Un estudio comparativo entre la capacidad real (canales/célula) que ofrecen el TDMA, FD-

MA y CDMA muestra que con CDMA se obtiene capacidad veinte veces mayor que la de FDMA y cuatro veces mayor que la de TDMA.

La Norma Celular de CDMA

Con CDMA, se usan códigos digitales en lugar de separación de frecuencias de RF para colocar a cada suscriptor durante una conversación. Los códigos son compartidos por la estación móvil (el teléfono celular) y la estación fija, y se llama "Pseudo Sucesiones de Código de Azar." Todos los usuarios comparten el mismo rango de espectro de la radio.

Para la telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificado por la Asociación de Industria de Telecomunicaciones (TIA) como "ES - 95." En marzo de 1992, el TIA estableció el subcomité TR - 45.5 con el propósito de fijar un sistema para la norma celular digital. En Julio de 1993, el TIA dio su aprobación del CDMA bajo el sistema "ES - 95".

En ES - 95 se divide el espectro de la radio en portadores de 1,250kHz (1.25MHz). Uno de los aspectos interesantes de CDMA es que mientras hay límites en el número de llamadas telefónicas que pueden ser manejadas por una portadora, no hay un número fijo de portadoras. Más bien, la capacidad del sistema será dependiente en varios factores diferentes.

Los Principios de CDMA

En CDMA el ancho de banda de cada comunicación depende de la cantidad de comunicaciones simultáneas que existan, cuantos menos enlaces hayan al mismo tiempo, menor será la interferencia. Generalmente para extender el espectro del sistema podemos usar dos conceptos: la frecuencia conmutada (FH) o la sucesión directa (DS). En ambos casos se requiere de la sincronización entre el transmisor y

Modulación FSK

el receptor. Pueden considerarse ambas formas como usar un **pseudo portador al azar**, y tanto la célula fija como el teléfono, móvil crean a ese portador de maneras diferentes. LA FRECUENCIA CONMUTADA es típicamente cumplida estableciendo los sintetizadores de frecuencia en un pseudo modelo al azar.

CDMA usa una forma de sucesión directa. La sucesión directa es, en el fondo, una multiplicación de una forma de onda de comunicación por un pseudoruido (PN) ± 1 que genera una sucesión binaria en el transmisor. Una segunda multiplicación por una réplica de la misma sucesión en el receptor recupera el signo original. Como el ruido e interferencia no son "modulados o generados" por una sucesión de PN, éstos no aumentan, generando una cierta inmunidad al ruido que pueda "meterse" durante la transmisión.

Un análisis cuidadoso determina con precisión la relación señal - ruido, estableciéndola en 21dB para una tasa de datos de 9600 baudios.

La Tecnología CDMA

Aunque la aplicación de CDMA en la telefonía celular es relativamente reciente, no es una nueva tecnología. CDMA se ha usado mucho en aplicaciones militares, como sistemas de antibloqueo de información o sistemas de codificación de datos.

En CDMA es posible transmitir pedacitos de información (9600 pedacitos por segundo) sobre una portadora que, por su frecuencia, puede transmitir más de un millón de pedacitos (1,23MHz), lo que implica que varias comunicaciones se establecen por la misma vía, utilizando una codificación digital que sólo conocen el transmisor y



el receptor y cuya generación depende de la célula sobre la que está operando el teléfono móvil.

Como puede apreciar, es muy difícil saber entonces qué codificación se está utilizando en cada caso, ya que ésta depende de la célula. Si en un determinado momento una célula transita hacia un teléfono, lo hace con una tasa de 9600 baudios y una determinada codificación; si el teléfono no responde, asignará esa codificación a un nuevo teléfono para otra comunicación. Es por todo esto que este sistema comenzó a utilizarse en aplicaciones militares, ya que la comunicación es difícil de interferir y de bloquear. CDMA es una tecnología de comunicación digital muy diferente a una transmisión analógica y un receptor analógico jamás podría decodificar una conversación realizada con esta tecnología.

La Modulación FSK en la Tecnología CDMA

En este sistema se adecúa la frecuencia de la transmisión en función de la trama de bits. Este método recibe la denominación FSK (Frequency Shift Keying, modulación por desplazamiento de frecuencia). El sistema, básicamente cambia la frecuencia de la transmisión cuando hay un 0 o cuando hay un 1. Así, los ceros se transmiten a 980Hz. y los unos a 1.180Hz.

La modulación en frecuencia requiere bastante ancho de banda. El concepto de ancho de banda es el más importante y complicado de entender en la comunicación de datos.

Para entenderlo, pensemos que cualquier onda de cualquier forma puede conceptualmente, conseguirse sumando ondas senoidales de diversas frecuencias, cada una con un peso es-

pécifico en la suma. Cuanto más diferente a una senoide es la forma de la onda, esta descomposición conceptual requiere más frecuencias. El ancho de banda es la diferencia entre la frecuencia más alta y la más baja (despreciando las que tienen un peso específico muy pequeño) que requiere esta descomposición.

En el caso de la modulación FSK, se requiere, en esta descomposición conceptual, frecuencias en torno a la que representa el "uno" y a la que representa el "cero". Cuantos más cambios se produzcan, más ancho es el sector de frecuencias en torno a estas centrales. Es decir, cuanto mayor es la velocidad de los datos, más separados tienen que estar las distancias que representan al cero y al uno. Si transmitimos a alta velocidad, estas frecuencias se salen del ancho de banda telefónico.

Se puede representar la señal modulada en FSK como la suma de dos señales seoidales (ASK) definidas mediante las siguientes expresiones:

$$f_1(t) = A \text{sen}(\omega_1 t) \text{ para } 0 < t < T$$
$$f_1(t) = 0 \text{ en cualquier otro valor de } t$$

$$f_2(t) = 0 \text{ para } 0 < t < T$$
$$f_2(t) = A \text{sen}(\omega_2 t) \text{ en cualquier otro valor de } t$$

$$\omega_1 < \omega_2$$

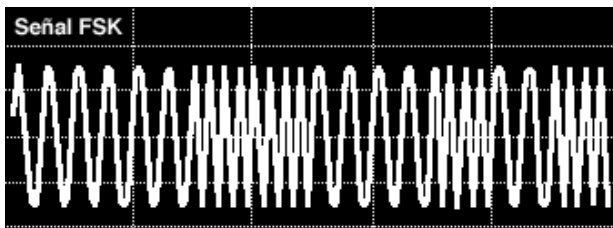
$$f_1(t) \text{ equivale al } 0 \text{ (cero) binario}$$
$$f_2(t) \text{ equivale al } 1 \text{ binario}$$

Las dos señales ASK son diferentes, y por lo tanto, en el receptor se colocan dos filtros acoplados para detectarlas. Cuando se quiere transmitir un 1 binario se deja pasar la sinusoidal de mayor frecuencia, cuando se quiere transmitir un 0 (cero) binario, se deja pasar la sinusoidal de frecuencia menor.

Estándar para Celulares CDMA (IS95)

El estándar IS95 ha sido definido por la TIA (Telecommunications In-





dustry Association) de Estados Unidos, y es compatible con el plan de frecuencias existente en los Estados Unidos para la telefonía celular análoga. Las bandas especificadas son 824MHz - 849MHz para reverse-link y 869MHz - 894MHz para forward-link. Los canales están separados por 45MHz. La velocidad máxima de usuario es de 9.6kb/s, y se ensancha a un canal de 1.2288MHz. El proceso en ensanche es diferente para cada enlace. En el forward-link los datos son codificados con un código convolucional (1/2), mezclados (interleaved), y se ensanchan con una secuencia de 64 bits (funciones de Walsh).

A cada móvil se le asigna una secuencia diferente. Se proporciona, además, un canal piloto (código) para que cada móvil pueda determinar cómo actuar con respecto a la base. Este canal tiene mayor potencia que todos los demás y proporciona una base coherente que usan los móviles para demodular el tráfico. También proporciona una referencia de tiempo para la correlación del código. En el reverse-link se utiliza otro esquema, pues los datos pueden llegar a la base por caminos muy diferentes. Los datos son codificados con un código convolucional (1/3). Después de mezclados, cada bloque de 6 bits se usa como un índice para identificar un código de Walsh.

Finalmente se ensancha la señal utilizando códigos que son específicos del usuario y de la base. El control de potencia se

lleva a cabo en pasos de 1dB, y puede ser de dos maneras: Una es tomar como referencia la potencia recibida de la estación base. La otra es recibir instrucciones de la base sobre el ajuste que se debe llevar a cabo. Finalmente, vale la pena anotar que la señal que se transmite se modula utilizando la técnica QPSK filtrado de la base al móvil y QPSK filtrado con un desplazamiento del móvil a la base.

Desarrollo de una Llamada

Cuando se enciende un móvil, éste conoce la frecuencia asignada para el servicio CDMA en el área local. Se sintoniza en dicha frecuencia y busca la señal piloto. Puede encontrar varias señales piloto provenientes de diferentes estaciones base, pero éstas pueden ser diferenciadas porque tienen diferentes desplazamientos de tiempo.

El móvil selecciona la señal piloto más potente y establece referencias de tiempo y frecuencia a partir de ella. Una vez realizado este proceso de selección de la base, el móvil comienza a demodular con el código Walsh 32 que corresponde al canal de sincronización.

El canal de sincronización contiene el valor futuro del registro de desplazamiento de código largo (42 bits). El móvil carga dicho valor en su regis-

tro y queda sincronizado con el tiempo de la estación base.

Adicionalmente se requiere que el móvil se registre en la base; de esta manera, ésta sabe que el móvil está disponible para recibir llamadas y cuál es su ubicación. Cuando un móvil pasa de una zona a otra y no hay una llamada en curso, realiza un proceso de idle-state handoff. Cuando el usuario realiza una llamada, el móvil intenta contactar la estación base con un acceso de prueba. El código largo que se utiliza está basado en los parámetros de la celda. Si ocurre una colisión, el móvil no recibe respuesta y espera un tiempo aleatorio antes de intentar de nuevo.

Al establecer contacto con la estación base, ésta le asigna un canal de tráfico mediante un código Walsh. A partir de este momento el móvil cambia el código largo por uno basado en su número de serie. El código Walsh se utiliza en el forward-link, mientras que el código largo se utiliza en el reverse-link. Cuando un móvil comunicado con una base detecta otra señal piloto suficientemente potente, solicita un proceso de soft handoff. Al móvil se le asigna otro código de Walsh y otra temporización piloto. El móvil debe estar en capacidad de recibir ambas señales y combinarlas. Cuando la señal de la base original haya disminuido lo suficiente, el móvil solicita el fin del soft handoff.

Al finalizar una llamada, los canales se liberan. Cuando el móvil se apaga, genera una señal registro de apagado que se envía a la base para indicar que ya no está disponible para llamadas. ★

**REPARACION DE OSCILOSCOPIOS
E INSTRUMENTAL ELECTRONICO**



15-5997-7808

csdmav@arnet.com.ar