

SABIAS QUE !!!

LAS TECNICAS DE ACCESO AL MEDIO Y MULTICANALIZACION EN LAS TRANSMISIONES DE DATOS SON !!!

Por: Adriana Ortiz, Alicia Fernández, Amaury Paternina, Antonio Polo, Carlos Berrocal, Daniel Berrocal, José López, Juan Mendoza, Oscar López, Munir Medrano.

Director: ÁNGEL PINTO

INTRODUCCION

La multiplexacion es uno de los procesos mas importantes en las técnicas para la transmisión de datos, ya que a través de esta operación es posible utilizar de forma optima los canales de comunicación, generando así la transmisión de información en términos de gigabit/segundo en una sola línea de transmisión, dentro de las mas utilizadas se encuentran: la multicanalizacion por división de frecuencia (FDM), siendo esta una técnica meramente analógica y que se puede implementar en un sistema digital mediante el sistema PCM de la ITU, que consiste en la conversión de señales análogas y digitales, multicanalizacion por división de tiempo (TDM), esta en una técnica implementada en sistemas digitales para la transmisión de datos, multicanalizacion por división de código (CDM) siendo esta una de las mas eficientes en aplicaciones digitales y WDM. De estos sistemas se desprenden las técnicas de acceso al medio, siendo estas la forma como acceden los usuarios o abonados a la red. El presente artículo informático se compone de la introducción presente, de una definición de multiplexacion, tipos de multiplexacion, las técnicas de acceso al medio y se finaliza con unas conclusiones.

MULTIPLEXACION

La multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado

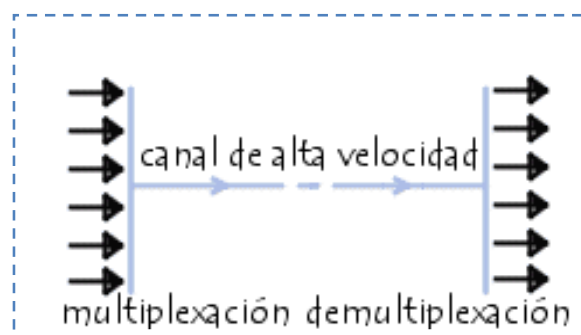


Figura 1. Sistema de multiplexacion

multiplexor. El proceso inverso se conoce como demultiplexación. Un concepto muy similar es el de control de acceso al medio. En otras palabras se refiere a la habilidad para transmitir datos que provienen de diversos pares de aparatos (transmisores y receptores) denominados canales de baja velocidad en un medio físico único (denominado canal de alta velocidad). Ver Fig.1

Multiplexacion en informática

En informática y electrónica, la multiplexación se refiere al mismo concepto si se trata de buses de datos que haya que compartir entre varios dispositivos (discos, memoria, etc.). Otro tipo de multiplexación en informática es el de la CPU, en la que a un proceso le es asignado un quantum de tiempo durante el cual puede ejecutar sus

instrucciones, antes de ceder el sitio a otro proceso que esté.

Multiplexación en las telecomunicaciones

En las telecomunicaciones se usa la multiplexación para dividir las señales dependiendo del medio por el que vayan a viajar dentro del espectro radioeléctrico. El término es equivalente al usado en las técnicas de control de acceso al medio.

De esta manera, para transmitir los canales de televisión por aire, vamos a tener un ancho de frecuencia x , el cual habrá que Multiplexarlo para que entre la mayor cantidad posible de canales de tv. Entonces se dividen los canales en un ancho de banda de 6Mhz (en gran parte de Europa y Latinoamérica, mientras que en otros países o regiones el ancho de banda es de 8 MHz). En este caso se utiliza una multiplexación por división de frecuencia FDM.

TIPOS DE MULTIPLEXACION

Existen muchas estrategias de multiplexación según el protocolo de comunicación empleado, que puede combinarla para alcanzar el uso más eficiente; los más utilizados son:

- la multiplexación por división de tiempo o TDM (Time división multiplexing).
- la multiplexación por división de frecuencia o FDM (Frequency-division multiplexing) y su equivalente para medios ópticos, por división de longitud de onda WDM (de Wavelength).
- la multiplexación por división en código CDM (Code división multiplexing);

Cuando existe un esquema o protocolo de multiplexación pensado para que múltiples usuarios compartan un medio común, como por ejemplo en telefonía o Wi Fi, suele denominarse control de acceso al medio o método de acceso múltiple. Como métodos de acceso múltiple se destacan:

- El acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA;
- El acceso múltiple por división de tiempo o TDMA.
- El acceso múltiple por división de código o CDMA.
- El acceso múltiple por división de longitudes de onda WDMA.

Multiplexación Por División De Tiempo

La multiplexación por división de tiempo (MDT) o (TDM), del inglés Time División Multiplexing, es el tipo de multiplexación más utilizado en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

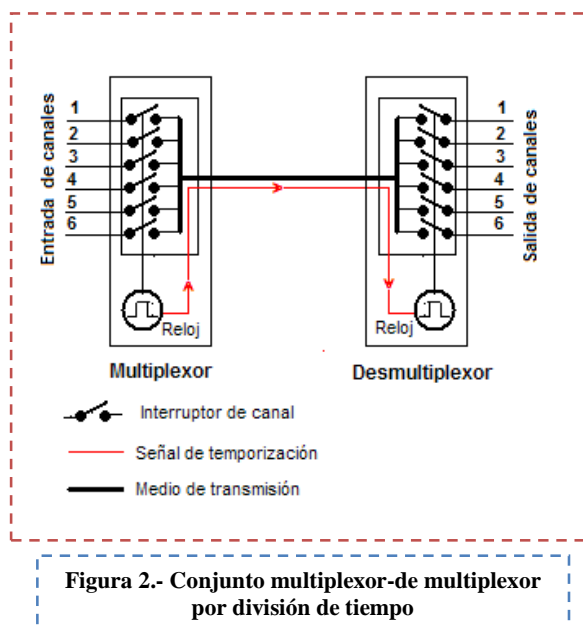
Es decir, es una técnica para compartir un canal de transmisión entre varios usuarios. Consiste en asignar a cada usuario, durante unas determinadas "ranuras de tiempo", la totalidad del ancho de banda disponible. Esto se logra organizando el mensaje de salida en unidades de información llamadas tramas, y asignando intervalos de tiempo fijos dentro de la trama a cada canal de entrada. De esta forma, el primer canal de la trama corresponde a la primera comunicación, el segundo a la segunda, y así sucesivamente, hasta que el n -ésimo más uno vuelva a corresponder a la primera.

El uso de esta técnica es posible cuando la tasa de los datos del medio de transmisión excede de la tasa de las señales digitales a transmitir. El multiplexor por división en el tiempo muestrea, o explora, cíclicamente las señales de entrada (datos de entrada) de los diferentes usuarios, y transmite las tramas a través de una única línea de comunicación de alta velocidad. Los TDM son dispositivos de señal discreta y no pueden aceptar datos analógicos directamente, si no de modulados mediante un módem.

Los TDM funcionan a nivel de bit o a nivel de carácter. En un TDM a nivel de bit, cada trama contiene un bit de cada dispositivo explorado. El

TDM de caracteres manda un carácter en cada canal de la trama. El segundo es generalmente más eficiente, dado que requiere menos bits de control que un TDM de bit. La operación de muestreo debe ser lo suficientemente rápida, de forma que cada buffer sea vaciado antes de que lleguen nuevos datos.

En la figura 2. Se representa de forma esquematizada y muy simple, un conjunto multiplexor-de multiplexor para ilustrar como se realiza la multiplexación-des multiplexación por división de tiempo.



En este circuito, las entradas de seis canales llegan a los denominados interruptores de canal, los cuales se cierran de forma secuencial, controlados por una señal de reloj, de manera que cada canal es conectado al medio de transmisión durante un tiempo determinado por la duración de los impulsos de reloj.

En el extremo distante, el des multiplexor realiza la función inversa, esto es, conecta el medio de transmisión, secuencialmente, con la salida de cada uno de los seis canales mediante interruptores controlados por el reloj del de multiplexor. Este reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del multiplexor del extremo emisor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del

propio medio de transmisión. Los sistemas MIC, sistema de codificación digital, utilizan la técnica TDM para cubrir la capacidad de los medios de transmisión. La ley de formación de los sucesivos órdenes de multiplexación responde a normalizaciones de carácter internacional, con vista a facilitar las conexiones entre diversos países y la compatibilidad entre equipos procedentes de distintos fabricantes.

Multiplicación Por División De Frecuencia

La multiplexación por división de frecuencia (MDF) o (FDM), del inglés Frequency Division Multiplexing, es un tipo de multiplexación utilizada generalmente en sistemas de transmisión analógicos. La forma de funcionamiento es la siguiente: se convierte cada fuente de varias que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencias, a una banda distinta de frecuencias, y se transmite en forma simultánea por un solo medio de transmisión. Así se pueden transmitir muchos canales de banda relativamente angosta por un solo sistema de transmisión de banda ancha.

El FDM es un esquema análogo de multiplexado; la información que entra a un sistema FDM es analógica y permanece analógica durante toda su transmisión. Un ejemplo de FDM es la banda comercial de AM, que ocupa un espectro de frecuencias de 535 a 1605 kHz. Si se transmitiera el audio de cada estación con el espectro original de frecuencias, sería imposible separar una estación de las demás. En lugar de ello, cada estación modula por amplitud una frecuencia distinta de portadora, y produce una señal de doble banda lateral de 10KHz.

Hay muchas aplicaciones de FDM, por ejemplo, la FM comercial y las emisoras de televisión, así como los sistemas de telecomunicaciones de alto volumen. Dentro de cualquiera de las bandas de transmisión comercial, las transmisiones de cada estación son independientes de las demás.

Una variante de MDF es la utilizada en fibra óptica, donde se multiplexan señales, que pueden ser analógicas o digitales, y se transmiten mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, dando lugar a la denominada multiplexación por

división de longitud de onda, o **WDM** del inglés Wavelength División Multiplexing.

En la Figura 3. Se representa un sistema FDM, donde se describen cada uno de los elementos básicos.

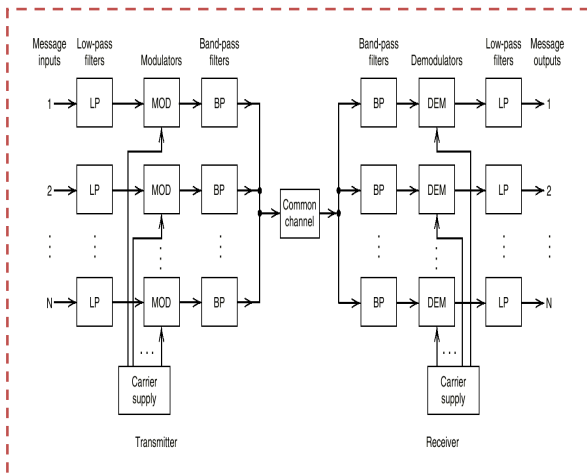


Figura 3.- Circuito simplificado del conjunto multiplexor-demultiplexor analógico

A continuación se explica el multiplexaje de un sistema para la transmisión de voz, el cual tiene como finalidad transmitir simultáneamente tantos canales de voz como sea posible sobre un circuito de transmisión, siendo deseable que la banda de frecuencia del canal telefónico sea lo mas estrecha posible. Para un canal de voz este rango esta normalizado entre 300 y 3400 Hz desde el punto de vista de calidad de voz y economía. Con el propósito de transmitir un número de conversaciones simultáneamente se emplea la técnica de multiplexaje. Ver figura 4.

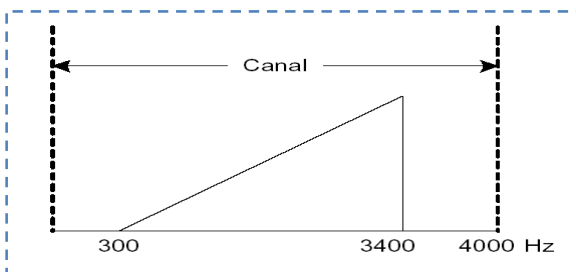


Figura 4. Canal de Voz

En FDM las señales las señales de voz se acomodan en el dominio de la frecuencia de tal manera que ocupen su intervalo de 4 KHz. Ver figura 5.

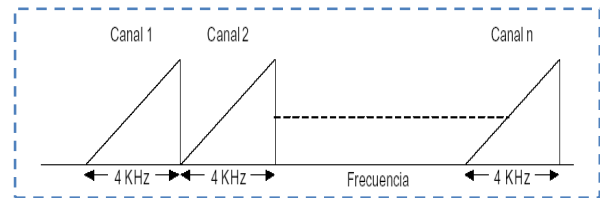


Figura 5. Multiplexacion FDM

Las frecuencias portadoras 12, 16, 20 se modulan por tres señales de voz deferentes a través de los moduladores balanceados. De las dos bandas laterales que aparecen a la salida del modulador, se filtra la banda lateral superior, las tres bandas laterales superiores se ubican luego en el rango de frecuencias de 12 a 24 KHz y a estos tres canales se les denomina **pregrupo**. Ver figura 6.

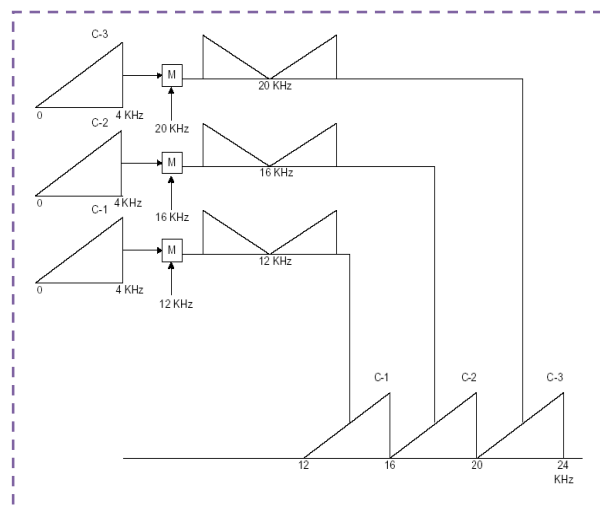


Figura 6. Pregrupo FDM

Luego cada uno de estos **pregrupos** modula a las portadoras de 72, 84, 96 y 108 KHz. De la misma manera. De aquí se filtra las bandas laterales inferiores y se alinean en las bandas de frecuencia de 60 a 108 KHz. Formándose un **grupo básico** de 12 canales. Ver figura 7.

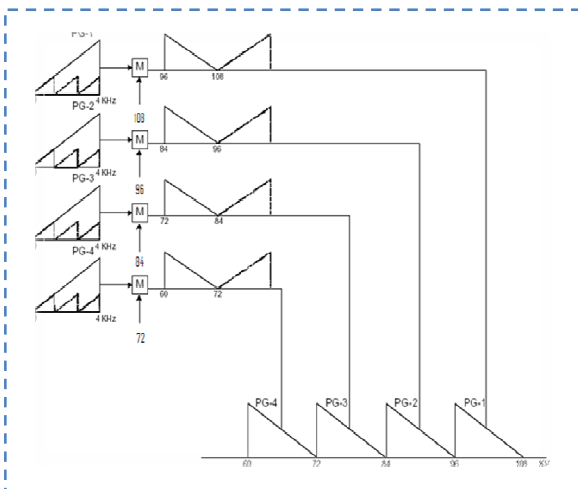


Figura 7. Grupo básico de 12 canales

Seguidamente las portadoras de 420, 468, 516, 564 y 612 KHz son moduladas por cinco grupos básicos y las señales de la banda lateral inferior se seleccionan y alinean en el rango de frecuencia entre 312 y 552. Este grupo de señales se denomina **súper grupo básico** y contiene 60 canales de voz, luego se procede con el proceso de modulación en frecuencia (FM).

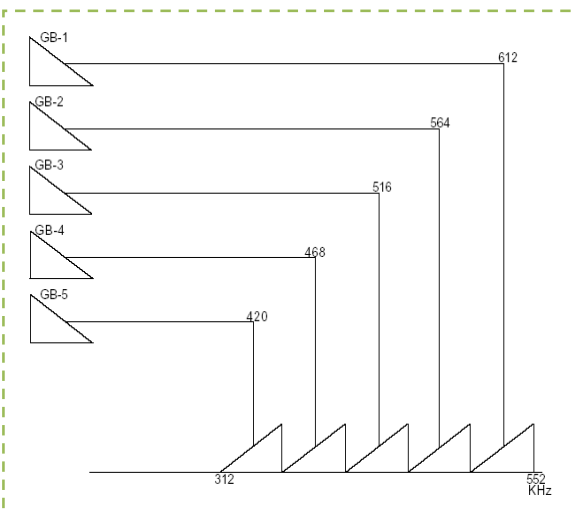


Figura 8. Súper grupo básico en FDM

Cabe recalcar que los procesos de modulación en el pregrupo, grupo básico y súper grupo, antes

de ser transmitida por una modulación FM, estas son moduladas en amplitud modulada, la cual genera dos bandas laterales, representada matemáticamente de la siguiente forma:

$$V_{am}(t) = E_c \text{ Sen}(2\pi F_c t) - m E_c / 2 \cos[2\pi(F_c + F_m)t] + m E_c / 2 \cos[2\pi(F_c - F_m)t]$$

Expresión de la onda modulada en AM

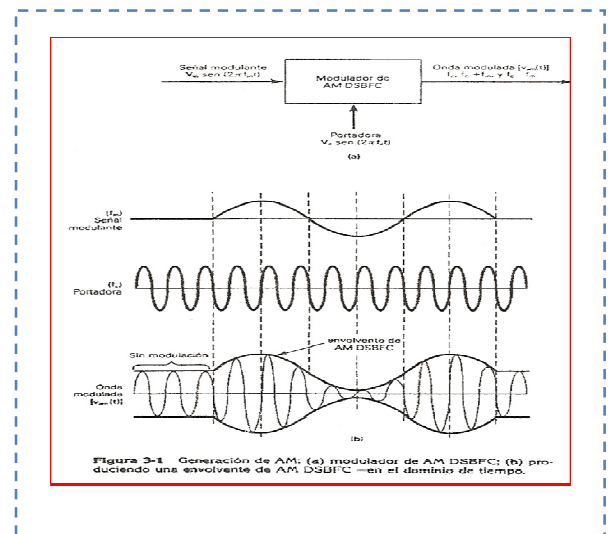


Figura 9. Generación de una señal

Donde el primer termino de la expresión representa a la portadora, el segundo a la banda lateral superior y el tercero a la banda lateral inferior.

Multiplexacion Por División De Código

Es una técnica, generalmente utilizada en la telefonía móvil, en la cual cada canal transmite la información como una secuencia específica de pulsos, es decir, como un canal codificado. La transmisión se consigue transmitiendo una serie única dependiente del tiempo de pulsos cortos que son “colocados” dentro de un chip de mayor duración de bit. Cada canal tiene un código distinto y pueden ser transmitidos dentro de la misma guía de onda (o cable) multiplexándolos asincrónicamente. Cuando las técnicas CDM se utilizan como tecnología de acceso, toman el

nombre de acceso múltiple por división de código (en inglés, Code Division Múltiple Access CDMA).

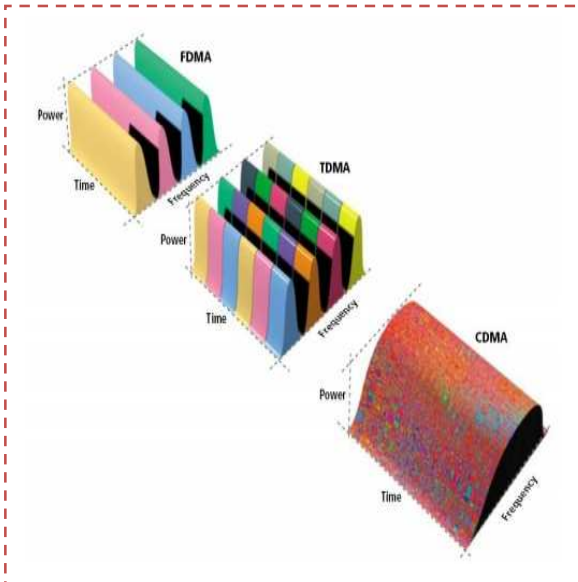


Figura 10. Comparación de técnicas de multiplexación. Fuente Qualcomm

El sistema CDMA mezcla la información con diferentes códigos ortogonales entre sí, de tal manera que es posible recuperar la información de interés haciendo la operación matemática adecuada con el código correspondiente.

Multiplexación Por División De Longitud De Onda

En telecomunicación, la multiplexación por división de longitud de onda (WDM, del inglés Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

Este término se refiere a una portadora óptica (descrita típicamente por su longitud de onda) mientras que la multiplexación por división de frecuencia generalmente se emplea para referirse a una portadora de radiofrecuencia (descrita habitualmente por su frecuencia). Sin embargo,

puesto que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, la radiofrecuencia y la luz son ambas formas de radiación electromagnética, la distinción resulta un tanto arbitraria.

El dispositivo que une las señales se conoce como multiplexor mientras que el que las separa es un demultiplexor. Con el tipo adecuado de fibra puede disponerse un dispositivo que realice ambas funciones a la vez, actuando como un multiplexor óptico de inserción-extracción.

Los primeros sistemas WDM aparecieron en torno a 1985 y combinaban tan sólo dos señales. Los sistemas modernos pueden soportar hasta 160 señales y expandir un sistema de fibra de 10 Gb/s hasta una capacidad total 25.6 Tb/s sobre un solo par de fibra.

Acceso Múltiple Por División De Frecuencia - FDMA

El Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access o FDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM.

En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar, sin interferirse entre sí. Los usuarios pueden compartir el acceso a estos distintos canales por diferentes métodos como TDMA, CDMA o SDMA, siendo estos protocolos usados indistintamente en los diferentes niveles del modelo OSI.

En algunos sistemas, como GSM, el FDMA se complementa con un mecanismo de cambio de canal según las necesidades de la red, conocido en inglés como frequency hopping o "saltos en frecuencia".

Su primera aparición en la telefonía móvil fue en los equipos de telecomunicación de **Primera Generación** (años 1980), siendo de baja calidad para la transmisión y una pésima seguridad. La velocidad máxima de transferencia de datos fue 240 baudios.

Características de FDMA:

- Tecnología muy experimentada y fácil de implementar.
- Gestión de recursos rígida y poco apta para flujos de tránsito variable.
- Requiere duplexor de antena para transmisión dúplex.
- Se asignan canales individuales a cada usuario.
- Los canales son asignados de acuerdo a la demanda.
- Normalmente FDMA se combina con multiplexing FDD

Acceso Múltiple Por División De Tiempo - TDMA

El Acceso múltiple por división de tiempo (Time Division Multiple Access o TDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias.

También se podría decir que es un proceso digital que se puede aplicar cuando la capacidad de la tasa de datos de la transmisión es mayor que la tasa de datos necesaria requerida por los dispositivos emisores y receptores. En este caso, múltiples transmisiones pueden ocupar un único enlace subdividiéndole y entrelazándose las porciones.

Esta técnica de multiplexación se emplea en infinidad de protocolos, sola o en combinación de otras, pero en lenguaje popular el término suele referirse al estándar D-AMPS de telefonía celular empleado en América.

Uso en telefonía celular:

Mediante el uso de TDMA se divide un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo (seis en D-AMPS y PCS, ocho en GSM). A cada persona que hace una llamada se le asigna

una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

Existen varios estándares digitales basados en TDMA, tal como TDMA D-AMPS (Digital-Advanced Mobile Phone System), TDMA D-AMPS-1900, PCS-1900 (Personal Communication Services), GSM (Global System for Mobile Communication, en el que se emplea junto con saltos en frecuencia o frequency hopping), DCS-1800 (Digital Communications System) y PDC (Personal Digital Cellular).

Características de TDMA:

- Se utiliza con modulaciones digitales.
- Tecnología simple y muy probada e implementada.
- Adecuada para la conmutación de paquetes.
- Requiere una sincronización estricta entre emisor y receptor.
- Requiere el Time Advance.

Acceso Múltiple Por División De Código - CDMA

La multiplexación por división de código, acceso múltiple por división de código o CDMA (del inglés Code Division Multiple Access) es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basados en la tecnología de espectro expandido.

La traducción del inglés spread spectrum se hace con distintos adjetivos según las fuentes; pueden emplearse indistintamente espectro ensanchado, expandido, difuso o disperso para referirse en todos los casos al mismo concepto.

Habitualmente se emplea en comunicaciones inalámbricas (por radiofrecuencia), aunque también puede usarse en sistemas de fibra óptica o de cable.

El control de acceso al medio:

Uno de los problemas a resolver en comunicaciones de datos es cómo repartir entre varios usuarios el uso de un único canal de comunicación o medio de transmisión, para que puedan gestionarse varias comunicaciones al mismo tiempo. Sin un método de organización, aparecerían interferencias que podrían bien resultar molestas, o bien directamente impedir la comunicación. Este concepto se denomina multiplexado o control de acceso al medio, según el contexto.

Para resolverlo, CDMA emplea una tecnología de espectro expandido y un esquema especial de codificación, por el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al del resto; el receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación (que emplea códigos ortogonales entre sí) puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado.

Otros esquemas de multiplexación emplean la división en frecuencia (FDMA), en tiempo (TDMA) o en el espacio (SDMA) para alcanzar el mismo objetivo: la separación de las distintas comunicaciones que se estén produciendo en cada momento, y evitar o suprimir las interferencias entre ellas. Los sistemas en uso real (como IS-95 o UMTS) suelen emplear varias de estas estrategias al mismo tiempo para asegurar una mejor comunicación.

Una analogía posible para el problema del acceso múltiple sería una habitación (que representaría el canal) en la que varias personas desean hablar al mismo tiempo. Si varias personas hablan a la vez, se producirán interferencias y se hará difícil la comprensión. Para evitar o reducir el problema, podrían hablar por turnos (estrategia de división por tiempo), hablar unos en tonos más agudos y otros más graves de forma que sus voces se distinguieran (división por frecuencia), dirigir sus voces en distintas direcciones de la habitación (división espacial) o hablar en idiomas distintos (división por código, el objeto de este artículo): como en CDMA, sólo las personas que conocen el código (es decir, el "idioma") pueden entenderlo.

La división por código se emplea en múltiples sistemas de comunicación por radiofrecuencia, tanto de telefonía móvil (como IS-95,

CDMA2000, FOMA o UMTS), transmisión de datos (WiFi) o navegación por satélite (GPS).

Uso popular del término:

El término CDMA, sin embargo, suele utilizarse popularmente para referirse a una interfaz de aire inalámbrica de telefonía móvil desarrollada por la empresa Qualcomm, y aceptada posteriormente como estándar por la TIA norteamericana bajo el nombre IS-95 (o, según la marca registrada por Qualcomm, "cdmaONE" y su sucesora CDMA2000). En efecto, los sistemas desarrollados por Qualcomm emplean tecnología CDMA, pero no son los únicos en hacerlo.

Detalles técnicos

En CDMA, la señal se emite con un ancho de banda mucho mayor que el precisado por los datos a transmitir; por este motivo, la división por código es una técnica de acceso múltiple de espectro expandido. A los datos a transmitir simplemente se les aplica la función lógica XOR con el código de transmisión, que es único para ese usuario y se emite con un ancho de banda significativamente mayor que los datos.

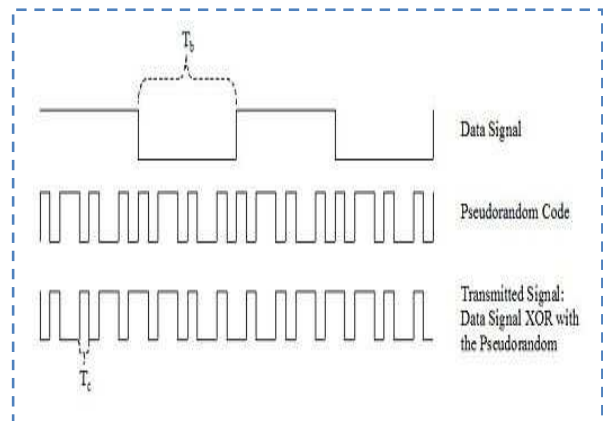


Figura 11. Generación de la señal CDMA

A la señal de datos, con una duración de pulso T_b , se le aplica la función XOR con el código de transmisión, que tiene una duración de pulso T_c . (Nota: el ancho de banda requerido por una señal es $1/T$, donde T es el tiempo empleado en la

transmisión de un bit). Por tanto, el ancho de banda de los datos transmitidos es $1/T_b$ y el de la señal de espectro expandido es $1/T_c$. Dado que T_c es mucho menor que T_b , el ancho de banda de la señal emitida es mucho mayor que el de la señal original, y de ahí el nombre de "espectro expandido".

Cada usuario de un sistema CDMA emplea un código de transmisión distinto (y único) para modular su señal. La selección del código a emplear para la modulación es vital para el buen desempeño de los sistemas CDMA, porque de él depende la selección de la señal de interés, que se hace por correlación cruzada de la señal captada con el código del usuario de interés, así como el rechazo del resto de señales y de las interferencias multi-path (producidas por los distintos rebotes de señal).

El mejor caso se presenta cuando existe una buena separación entre la señal del usuario deseado (la señal de interés) y las del resto; si la señal captada es la buscada, el resultado de la correlación será muy alto, y el sistema podrá extraer la señal. En cambio, si la señal recibida no es la de interés, como el código empleado por cada usuario es distinto, la correlación debería ser muy pequeña, idealmente tendiendo a cero (y por tanto eliminando el resto de señales). Y además, si la correlación se produce con cualquier retardo temporal distinto de cero, la correlación también debería tender a cero. A esto se le denomina auto correlación y se emplea para rechazar las interferencias multi-path.

En general, en división de código se distinguen dos categorías básicas: CDMA síncrono (mediante códigos ortogonales) y asíncrono (mediante secuencias pseudoaleatorias).

CDMA síncrono:

El CDMA síncrono explota las propiedades matemáticas de ortogonalidad entre vectores cuyas coordenadas representan los datos a transmitir. Por ejemplo, la cadena binaria "1011" sería representada por el vector (1, 0, 1, 1). Dos vectores pueden multiplicarse mediante el producto escalar (\cdot), que suma los productos de sus respectivas coordenadas. Si el producto escalar de dos vectores es 0, se dice que son ortogonales entre sí.

(Nota: si dos vectores se definen $\mathbf{u} = (a, b)$ y $\mathbf{v} = (c, d)$; su producto escalar será $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = a \cdot c + b \cdot d$).

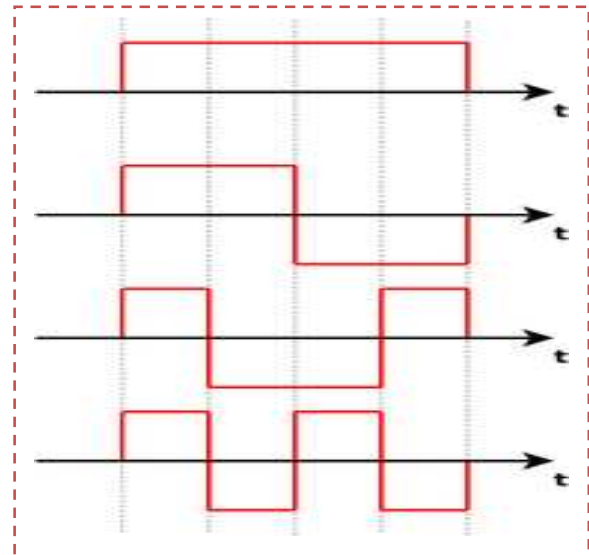


Figura 12. Cuatro señales digitales cuyos vectores son ortogonales

Los vectores \mathbf{a} y \mathbf{b} son ortogonales, y representan Algunas propiedades del producto escalar ayudan a comprender cómo funciona CDMA. Si los códigos de dos usuarios de CDMA síncrono A y B, entonces:

$$\mathbf{a} \cdot (\mathbf{a} + \mathbf{b}) = \|\mathbf{a}\|^2 \quad \text{pues} \quad \mathbf{a} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\|^2 + 0,$$

$$\mathbf{a} \cdot (-\mathbf{a} + \mathbf{b}) = -\|\mathbf{a}\|^2 \quad \text{pues} \quad -\mathbf{a} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = -\|\mathbf{a}\|^2 + 0,$$

$$\mathbf{b} \cdot (\mathbf{a} + \mathbf{b}) = \|\mathbf{b}\|^2 \quad \text{pues} \quad \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b} \cdot \mathbf{b} = 0 + \|\mathbf{b}\|^2,$$

$$\mathbf{b} \cdot (\mathbf{a} - \mathbf{b}) = -\|\mathbf{b}\|^2 \quad \text{pues} \quad \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} - \mathbf{b} \cdot \mathbf{b} = 0 - \|\mathbf{b}\|^2.$$

Por tanto, aunque el receptor capte combinaciones lineales de los vectores \mathbf{a} y \mathbf{b} (es decir, las señales procedentes de A y B al mismo tiempo, sumadas en el aire), si conoce el código de transmisión del usuario de interés siempre podrá aislar sus datos de los del resto de usuarios,

simplemente mediante el producto escalar de la señal recibida con el código del usuario; al ser el código del usuario ortogonal respecto a todos los demás, el producto aislará la señal de interés y anulará el resto. Este resultado para dos usuarios es extensible a todos los usuarios que se desee, siempre que existan códigos ortogonales suficientes para el número de usuarios deseado, lo que se logra incrementando la longitud del código.

Cada usuario de CDMA síncrono emplea un código único para modular la señal, y los códigos de los usuarios en una misma zona deben ser ortogonales entre sí. En la imagen se muestran cuatro códigos mutuamente ortogonales. Como su producto escalar es 0, los códigos ortogonales tienen una correlación cruzada igual a cero, y, en otras palabras, no provocan interferencias entre sí. Ver figura 12.

Este resultado implica que no es necesario emplear circuitería de filtrado en frecuencia (como se emplearía en FDMA), ni de conmutación de acuerdo con algún esquema temporal (como se emplearía en TDMA) para aislar la señal de interés; se reciben las señales de todos los usuarios al mismo tiempo y se separan mediante procesado digital.

En el caso de IS-95, se emplean códigos ortogonales de Walsh de 64 bits para codificar las señales y separar a sus distintos usuarios.

CDMA asíncrono:

Los sistemas CDMA síncronos funcionan bien siempre que no haya excesivo retardo en la llegada de las señales; sin embargo, los enlaces de radio entre teléfonos móviles y sus bases no pueden coordinarse con mucha precisión. Como los terminales pueden moverse, la señal puede encontrar obstáculos a su paso, que darán origen a cierta variabilidad en los retardos de llegada (por los distintos rebotes de la señal, el efecto Doppler y otros factores). Por tanto, se hace aconsejable un enfoque algo diferente.

Por la movilidad de los terminales, las distintas señales tienen un retardo de llegada variable. Dado que, matemáticamente, es imposible crear secuencias de codificación que sean ortogonales en todos los instantes aleatorios en que podría llegar la señal, en los sistemas **CDMA asíncronos** se

emplean secuencias únicas "pseudo-aleatorias" o de "pseudo-ruido" (en inglés, PN sequences). Un código PN es una secuencia binaria que parece aleatoria, pero que puede reproducirse de forma determinística si el receptor lo necesita. Estas secuencias se usan para codificar y decodificar las señales de interés de los usuarios de CDMA asíncrono de la misma forma en que se empleaban los códigos ortogonales en el sistema síncrono.

Las secuencias PN no presentan correlación estadística, y la suma de un gran número de secuencias PN resulta en lo que se denomina interferencia de acceso múltiple (en inglés, MAI, multiple access interference), que puede estimarse como un proceso gaussiano de ruido que sigue el teorema central del límite estadístico. Si las señales de todos los usuarios se reciben con igual potencia, la varianza (es decir, la potencia del ruido) de la MAI se incrementa en proporción directa al número de usuarios. En otras palabras, a diferencia de lo que ocurre en CDMA síncrono, las señales del resto de usuarios aparecerán como ruido en relación con la señal de interés, y provocarán interferencia con la señal de interés: cuantos más usuarios simultáneos, mayor interferencia.

Por otra parte, el hecho de que las secuencias sean aparentemente aleatorias y de potencia distribuida en un ancho de banda relativamente amplio conlleva una ventaja adicional: son más difíciles de detectar en caso de que alguien intente captarlas, por que se confunden con el ruido de fondo. Esta propiedad ha sido aprovechada durante el siglo XX en comunicaciones militares.

Todos los tipos de CDMA aprovechan la ganancia de procesado que introducen los sistemas de espectro extendido; esta ganancia permite a los receptores discriminar parcialmente las señales indeseadas. Las señales codificadas con el código PN especificado se reciben, y el resto de señales (o las que tienen el mismo código pero distinto retardo, debido a los diferentes trayectos de llegada) se presentan como ruido de banda ancha que se reduce o elimina gracias a la ganancia de procesado.

Como todos los usuarios generan MAI, es muy importante controlar la potencia de emisión. Los sistemas CDMA síncrono, TDMA o FDMA pueden, por lo menos en teoría, rechazar por

completo las señales indeseadas (que usan distintos códigos, ranuras temporales o canales de frecuencia) por la ortogonalidad de estos esquemas de acceso al medio. Pero esto no es cierto para el CDMA asíncrono; el rechazo de las señales indeseadas sólo es parcial. Si parte (o el total) de las señales indeseadas se reciben con potencia mucho mayor que la de la señal deseada, ésta no se podrá separar del resto. Para evitar este problema, un requisito general en el diseño de estos sistemas es que se controle la potencia de todos los emisores; se busca asegurar que la potencia captada por el receptor sea aproximadamente la misma para todas las señales entrantes. En los sistemas de telefonía celular, la estación base emplea un esquema de control de potencia por bucle cerrado (fast closed-loop power control, en inglés) para controlar estrictamente la potencia de emisión de cada teléfono.

Acceso Múltiple Por Division De Onda - WDMA

La multiplexación por longitud de onda (WDMA) se podría calificar como una variante de la multiplexación en el dominio de la frecuencia realizada en frecuencias próximas a la luz, se basa en que una fibra óptica puede estar simultáneamente iluminada por varias fuentes luminosas, (incluso aquellas que no se consideren luz visible) cada una de las cuales transporta información.

CONCLUSIÓN

En base a los objetivos buscados por los investigadores se puede concluir que los sistemas de multicanalización son un factor importante en el proceso de las comunicaciones, exactamente en la transmisión de información, siendo estos los que determinan realmente el número de canales disponibles a la hora de generar tráfico en la red, el acceso de los abonados, así como la adquisición de las tasas de transmisión en las mismas. Es de determinar que estas técnicas tienen que ir acompañadas de un tipo de modulación adecuada

para que la tecnología alcance su máximo rendimiento.

REFERENCIAS

TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Editorial Pearson Educación, México D.F. 2004.

HAYKIN, Simón. Sistemas de Comunicaciones. Editorial Prentice Hall, México D.F. 2003.

CARBALLAR José. Wi Fi, instalación, seguridad y aplicación. Editorial alfaomega. México D.F. 2007.

GAST Matthew. Redes Wireless 802.11. Editorial Anaya multimedia, España-Madrid 2005.

LEON, Alberto. Redes de Comunicaciones, Conceptos Fundamentales y Arquitectura Básica. Editorial Mc Graw Hill. España, 2005.

NEE, Van. OFDM Wireless Multimedia Communications. Editorial Artech House Publishers, 2004.

TANENBAUM, Andrew. Redes de Computadoras. Editorial Prentice Hall, México D.F. 2005.