

INTRUDUCCION.

Las Comunicaciones vía satélite son cualquier tipo de comunicación cuyo soporte es una nave espacial en órbita terrestre, capaz de cubrir grandes distancias mediante la reflexión o repetición de señales de información.

Actualmente hay cientos de satélites activos de comunicaciones en órbita. Reciben las señales de una estación terrestre, las amplifican y las retransmiten con una frecuencia distinta a otra estación. Cada banda de frecuencias utilizada, de un ancho de 500 MHz, se divide en canales repetidores de diferentes anchos de banda (ubicados en 6 GHz para las transmisiones ascendentes y en 4 GHz para las descendentes). También se utiliza mucho la banda de 14 GHz (ascendente) y 11 o 12 GHz (descendente), sobre todo en el caso de las estaciones fijas (no móviles). En el caso de las estaciones pequeñas móviles (barcos, vehículos y aviones) se utiliza una banda de 80 MHz de anchura en los 1,5 GHz (ascendente y descendente). Estas señales provienen de diversos lugares geográficos y llegan simultáneamente. Por ejemplo, podría tenerse una red de muchas estaciones terrenas enlazada al satélite, en donde cada estación está ubicada en una ciudad o población diferente. En esta red, las ciudades A, B y C transmiten televisión y telefonía multicanal, la D transmite un canal digital de muy alta velocidad (2 Mbps) que debe ser recibido en muchas otras ciudades sin necesidad de que estas le respondan, las E, F y G transmiten programas estereofónicos de radio, y las H, I..., Z envían canales digitales de baja velocidad (de 9600 a 5600 bps) con destino a B, en donde se concentra toda esa información para procesarla en un centro de cómputo; adicionalmente otras estaciones también transmiten.

Con base en el ejemplo anterior, se puede diferenciar entre tres tipos de enlaces: punto-punto, punto-multipunto y multipunto-punto. El primero une solo a dos puntos geográficos, por ejemplo, cuando se tiene una conversación telefónica, en cuyo caso el enlace es bidireccional. El segundo corresponde a un sistema de difusión o distribución de información, en donde la señal es generada en un solo punto, por ejemplo, en un estudio de televisión, en una cabina de radio o en un centro de cómputo, y se desea que sea recibida en muchos otros puntos, sin necesidad de que estos respondan, o sea que el enlace es unidireccional, en forma de estrella. El tercero es el caso inverso al anterior, donde en vez de diseminar una información en muchos puntos, se desea concentrarla o recolectarla de éstos en un solo punto específico; por ejemplo, podrían tenerse muchas estaciones terrenas transmisoras en todas las plantas generadoras de energía eléctrica de un país, que transmiten la información más importante sobre su estado de operación a una gran central de control de energía donde se darían las ordenes y comandos según fuese necesario.

Las comunicaciones por satélite han entrado en una fase de transición desde las comunicaciones por líneas masivas punto a punto entre enormes y costosos terminales terrestres hacia las comunicaciones multipunto a multipunto entre estaciones pequeñas y económicas. En los sistemas satelitales es especialmente importante el uso eficiente de los recursos limitados de potencia y ancho de banda que deben ser compartidos por un gran número de usuarios no coordinados que acceden al sistema de forma corta e impulsiva, para que no ocurra ningún tipo de conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite, se establece un orden mediante una técnica de **acceso múltiple** de la cual hay tres tipos: por división de frecuencia, por división de tiempo y por división de código. El acceso múltiple es una variante de multiplexado y describe el procedimiento a usar para compartir los recursos de comunicaciones entre un gran número de usuarios.

El protocolo de acceso múltiple que se use afecta a todos los elementos del sistema, determina su capacidad y flexibilidad y tiene una gran incidencia en los costos, por lo tanto deben considerarse los diversos protocolos de acceso múltiple disponibles en la fabricación de las estaciones transmisoras, así como los métodos utilizados para el análisis comparativo de sus prestaciones.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA)

Ya que el ancho de banda total de 500 MHz de un satélite se divide en varios transpondedores, y que una forma usual de hacerlo es con ranuras de 36 MHz, significa que el amplificador de cada transpondedor puede darle cabida a una gran diversidad de información que ocupe en total un ancho de banda de 36 MHz. Sin embargo, cada estación terrena que transmite desde la Tierra no tiene necesariamente el suficiente tráfico para generar información que ocupe todo ese ancho de banda y que pueda enviar con una sola frecuencia portadora determinada. Considérese como ejemplo una gran ciudad, otra de tamaño medio y una población rural de uno o dos millones de habitantes, y supóngase que las tres desean hacer uso del satélite. Es razonable suponer que en la primera hay la mayor demanda de conversaciones telefónicas, tanto por su mayor nivel económica y cultural, por su mayor densidad de población; en la segunda hay una demanda menor, y en la tercera menos todavía. Por consiguiente, las señales que se generan a cada instante en cada una de esas tres poblaciones requieren distintos anchos de banda para que puedan transmitirse.

Podría ser que en la gran ciudad haya tanto tráfico telefónico de larga distancia que el bloque resultante al combinar todos los canales telefónicos y modularlos tenga en efecto un ancho de banda de 36 MHz, en cuyo caso ocuparía todo un transpondedor en el satélite. De ser así, solamente habría una frecuencia portadora presente en el amplificador de potencia correspondiente y no se produciría ruido de ínter modulación; esto permitiría aprovechar al máximo la potencia de salida del amplificador. Pero en realidad este es un caso muy especial, y es mucho más común tener agrupaciones de canales telefónicos que ocupen menos de 36 MHz de ancho de banda.

Regresando al ejemplo establecido, supóngase que la gran ciudad se designa por la letra A, la de tamaño medio por la B, y la población rural por la C. Es evidente que, si las tres transmiten al mismo tiempo, deben hacerlo con frecuencias portadoras diferentes para que no haya interferencia. Si la suma de los anchos de banda que requieren las tres estaciones individualmente da un total cercano a los 36 MHz, entonces las tres ocuparían simultáneamente el mismo transpondedor del satélite, separadas por bandas de guarda. (fig 1)

Esta forma de uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas, estén o no estén situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de **acceso múltiple por división de frecuencia** o **FDMA**, ya que el espectro radioeléctrico del transpondedor se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas. La configuración es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora, y es válida cuando se puede garantizar que, durante la mayor parte del tiempo, cada una de ellas ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó; por esta razón, también se le llama acceso múltiple con división de frecuencia con **asignación fija**. Es claro que su utilización radica principalmente en sistemas comerciales de alta capacidad.

FIG 1. Ocupación de un transpondedor de 36 MHz con acceso múltiple por división de frecuencia; cada señal proviene de una población diferente y tiene su propia portadora asignada.

FIGURA 2. Visualización del porcentaje de eficiencia del funcionamiento del satélite trabajando con FDMA con respecto al acceso de diferentes estaciones.

- **Acceso múltiple por división de frecuencia con asignación por demanda (DAMA)**

Cuando el tráfico generado en los puntos geográficos que comparten un transpondedor es intermitente y esporádico, la capacidad de ese transpondedor no se estaría aprovechando con eficiencia si se emplease la técnica anterior, y en este caso se requiere emplear otra versión de acceso múltiple que brinde mayor flexibilidad; la alternativa se denomina acceso múltiple por división de frecuencia **con asignación por demanda** o **DAMA**.

La técnica de acceso múltiple DAMA permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación; en el

momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquier otra de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente. Cuando minutos u horas después, la estación terrena que liberó la ranura quiera transmitir más información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que usó previamente dentro del amplificador esté ocupada en ese instante por la señal de otra estación; pero puede haber otras ranuras vacías en ese momento. Y de ser esta el caso, la estación terrena en cuestión podría utilizar cualquiera de ellas. Es decir, la frecuencia de la portadora transmitida por cada estación terrena cambia en el tiempo, moviéndose de lugar en el espectro radioeléctrico del amplificador y, por supuesto, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

Desde luego que la ocupación de cualquier ranura vacía no se puede hacer en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina el banco de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión, debe solicitarle antes al banco de frecuencias que le asigne una de ellas para su portadora; este mismo banco de frecuencias se comunica con el punto de destino para informarle que se le va a transmitir y en qué frecuencia debe sintonizarse para que reciba la señal; solamente hasta que la estación transmisora y la receptora hayan recibido la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace. la autorización para enviar datos se garantiza mediante el empleo de peticiones que pueden estar incluidas en paquetes de tipo ACK o incluso dentro de paquetes de datos en plena transferencia. Una vez que se reciba esta autorización se pueden enviar varios paquetes en un solo bloque. Sin embargo, si el usuario no responde en un tiempo establecido (digamos 1/2 segundo) entonces la estación principal supone que el usuario no llegó a recibir la autorización para transmitir. La estación principal va pasando entonces la autorización para transmitir a todos los demás usuarios de la lista de estaciones activas, y una vez terminada vuelve a atender al primer usuario y le da otra oportunidad. Por otra parte, si un usuario recibe en un momento dado la autorización para transmitir (poll) y contesta enviando un paquete tipo I, la estación principal (master) no confirmará este paquete hasta que vuelva a tocarle el turno en la lista después de haber servido a todas las demás estaciones activas. Si cuando es autorizado por la estación principal, el usuario responde con un paquete vacío (Receive Ready/Final), entonces la estación principal reducirá la prioridad de autorizaciones para dicho usuario y se lo saltará de la lista en el siguiente turno.

- **Acceso múltiple con asignación por demanda, con canal único por portadora modulado en PCM (SPADE)**

Existen muchos sistemas funcionando en la actualidad con asignación por demanda; uno de ellos es el denominado SPADE, utilizado para dar servicios de comunicación a países que tiene poco tráfico entre sí, pero que por supuesto necesitan comunicarse ocasionalmente. Por ejemplo, México tiene mucha más demanda de llamadas con España que con Kuwait; por lo tanto, mientras que sí se justifica tener una ranura, o más, con asignación fija entre México y España, no es así para Kuwait o algún otro país con el que exista poca demanda de comunicación. Precisamente en este último caso es mucho más eficiente y económico enlazarse a través del sistema SPADE, que no es más que un sistema DAMA internacional con algunas adaptaciones; consiste en un transpondedor de 36 MHz ranurado en 800 secciones capaces de conducir simultáneamente 400 conversaciones telefónicas (400 ranuras se emplean para los canales de ida y 400 para los de regreso); cada una de las ranuras tiene su frecuencia portadora y puede ser utilizada temporal o indistintamente por cualquiera de los países que integran al sistema, sincronizándose con el banco central de frecuencias mediante un canal digital de solicitudes.

- **SCPC (Single Channel per Carrier)**

Como en el sistema SPADE cada ranura tiene su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal telefónico modulado, esta forma de transmisión se le llama **canal único por portadora** o **SCPC**, y aún cuando en este caso la asignación es por demanda, es fácil comprender que puede haber otros sistemas domésticos o internacionales con SCPC pero de asignación fija; por ejemplo, varios canales individuales SCPC de asignación fija entre México y España. Así mismo, e independientemente de si se tenga asignación fija o por demanda, un canal SCPC no necesariamente debe conducir telefonía analógica, sino que

puede contener un canal telefónico digitalizado o un canal de datos de baja velocidad transmitido con modulación digital, de la cual hay varias ocupaciones utilizadas a la vez en la práctica. El servicio SCPC (Single Channel per Carrier) provee al cliente de un enlace dedicado transparente al protocolo de comunicaciones o aplicación que se utilice su red privada. El servicio establece una portadora por cada enlace (a manera de un canal dedicado), el cual por lo general es de naturaleza Point to Point (punto a punto), lo que quiere decir que interconecta 2 puntos fijos a través de un canal privado, utilizado para la o las aplicaciones que el cliente requiera. El circuito en sí es transparente (clear channel) al tipo de aplicación a utilizarse, dependiendo ésta de los terminales y los controladores de comunicaciones que se instalen en los extremos del circuito permitiendo así la comunicación de todo tipo de información (voz, datos, fax y vídeo).

El servicio SCPC está dirigido principalmente a transmisiones medianas y pesadas de datos, lo cual no significa que el canal no pueda ser multiplexado para brindar a través del mismo enlace servicio de voz, datos y vídeo. En general la utilización que se le dé al enlace depende 100% de la capacidad de los terminales a utilizarse. Un requerimiento típico es el de los clientes que desean enlazar su casa matriz con bodegas o centros de procesamiento ubicados en localidades que no cuentan con acceso telefónico o de existir, es deficiente; se aprovecha así el enlace satelital para tener un medio de comunicación confiable y disponible a tiempo completo para además de cubrir la necesidad fundamental de transferencia de datos, utilizar una fracción del ancho de banda asignado también para un servicio de voz a manera de conexión telefónica.

La tecnología SCPC ofrece ventajas como:

- Enlaces satelitales nacionales e internacionales con velocidades desde 9.6 kbps hasta 2.048 Mbps, con posibilidad de utilizar Frame Relay.
- Enlaces punto a punto entre las ciudades por medio de estaciones terrenas ubicadas estratégicamente.
- Administración de la capacidad del canal de acuerdo a sus características de tráfico.
- Alta disponibilidad, confiabilidad y seguridad de la información transmitida.

– MCPC (Multiple Channel Per Carrier)

Existen muchas variantes en cuanto a la forma de ranurar en frecuencia un transpondedor y accederlo u ocuparlo desde varias estaciones terrenas (de allí en nombre de acceso múltiple) como norma general, SCPC con asignación por demanda se utiliza para comunicar puntos con tráfico ocasional, como zonas rurales o de poco intercambio entre sí. Para enlazar puntos que generan tráfico permanentemente se emplea la asignación fija, y esta puede ser SCPC, cuando el tráfico es poco pero constante, o bien de portadora multicanal o MCPC. Conviene comentar que aun cuando normalmente se entiende por SCPC a la transmisión en ranura de banda angosta de un solo canal telefónico a un canal de datos de baja velocidad, la transmisión de un canal de televisión también se hace con una sola portadora y se puede considerar como un caso especial de SCPC, pero en banda ancha; la portadora modulada con un canal TV ocupa generalmente un transpondedor completo, por lo que en lugar de haber acceso múltiple se tiene acceso unitario. Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada, y la ranura de frecuencia necesaria para ubicarla es angosta o muy ancha, dependiendo del número total de canales que contenga; estos pueden ser analógicos o digitales, con multiplexaje en frecuencia o en el tiempo respectivamente. Por ejemplo, puede haber portadoras multicanal con 12 canales telefónicos cada una, otras con 24, 36, 48, ..., y así sucesivamente deteniendo el tráfico de cada estación terrena transmisora.

FIGURA 3. Modo de funcionamiento del SCPC y MCPC.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA)

El acceso múltiple por división de tiempo o TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas accesan u ocupan un transpondedor o parte de él. A diferencia del acceso múltiple por

división en frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transpondedor, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada una misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen más tráfico que otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se les asigne debe ser más larga que la de las estaciones chicas. Estos tiempos asignados pueden ser fijos por estación, en cuyo caso se tiene acceso múltiple por división el tiempo con asignación fija (figuras 4 y 5), o bien puede variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de tráfico (horas pico). En estas condiciones, es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de marco o trama de transmisión, dándole ranuras de tiempo más largas a las estaciones con exceso de tráfico y ranuras

más cortas a las de poco tráfico; la nueva estructura de marco se repite secuencialmente hasta que haya necesidad de hacer otro cambio. Hay otros varios métodos para cambiar los marcos de transmisión según la demanda, pero la más común es mediante un programa establecido con base en las estadísticas de tráfico.

En cualquiera de los casos anteriores, de la duración usual de un marco o ciclo es de unos cuantos milisegundos y se requiere contar con un mecanismo confiable de sincronización, para que no haya traslapes entre las transmisiones de las diversas estaciones. Un sistema TDMA es más complejo que uno de FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usan y una estación de referencia; además, como las estaciones en forma de ráfaga e intervalos con duración de una pequeña fracción de milisegundo (un marco de transmisión dura varios milisegundos, por lo general de 5 a 20 ms, y dependiendo del número de estaciones que lo compartan, el tiempo por estación puede ser menor de un milisegundo), deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que funcionan como memorias de amortiguamiento y que van liberando la información por paquetes en cada ráfaga. Una de las grandes ventajas de esta técnica es que durante cada ranura de tiempo se pueden transmitir en forma multiplexada digitalmente, y por paquetes, porciones de canales telefónicos, de datos y hasta de video sobre la misma portadora de la ráfaga.

FIGURA 4. Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante TDMA con asignación fija y tiempos iguales por estación .

FIGURA 5. Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante TDMA con asignación fija y tiempos T desiguales por estación .

FIGURA 6. Generación de ráfagas para TDMA.

FIGURA 7. Recuperación de los mensajes en estaciones receptoras

La modalidad de TDMA que se utiliza más en la práctica es la de ocupación del transpondedor completo por la portadora modulada; como sólo hay una portadora presente en cada instante dentro del amplificador de potencia de transpondedor, no hay ruido de intermodulación y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida, beneficiándose de esta forma todas las estaciones terrenas que lo utilizan. Sin embargo, en varias situaciones, el tráfico manejado por una red de estaciones no es tan grande como para justificar la ocupación total de un transpondedor (por ejemplo un transpondedor de 36 MHz tienen capacidad de operar con 60 Mbps y uno de 72 MHz con 120 Mbps), sino solamente una fracción de él; en estos casos se comparte el ancho de banda del transpondedor en FDMA con los servicios prestados por otras estaciones independientes de la red TDMA, por ejemplo, video y telefonía SCPC (fig. 8), sin perderse la flexibilidad que brinda el sistema TDMA totalmente digitalizado. Por supuesto, si se utiliza esta última configuración, ya no es posible trabajar en

saturación para aprovechar al máximo la potencia de salida del transpondedor, por que el amplificador se debe operar con una reducción con respecto a la saturación para que el ruido de intermodulación sea bajo.

F D M A

FIGURA 8. Configuraciones de ocupación de un transpondedor de 72 MHz con TDMA: (a) ocupación completa; (b) ocupación parcial, TDMA de banda angosta compartida con otros servicios en forma FDMA.

La técnica TDMA, al igual que la FDMA, no es más que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transpondedor o parte de él. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de video, voz y datos que se van a transmitir pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base (como son en su forma original), principalmente las etapas de multiplexaje y modulación, de las cuales hay una gran diversidad. Por ejemplo, un enlace FDM/FM/FDMA significa que en la estación terrena transmisora primero se multiplexan o combinan en frecuencia varios canales originalmente en banda base (FDM), después el resultado modula en frecuencia a una portadora (FM), y posteriormente ésta accesa al transpondedor del satélite (FDMA); en el punto receptor o destinatario se tiene que efectuar el proceso inverso para recuperar los canales en su forma original o banda base, es decir, demodular en frecuencia y después demultiplexar en frecuencia. Otro ejemplo sería un enlace TDM/QPSK/TDMA, en el que primero se multiplexan en el tiempo varios canales digitales (TDM), después el resultado modula digitalmente con desplazamiento de fase en cuadratura a la portadora (QPSK), y por último esta accesa al transpondedor (TDMA).

Actualmente el acceso múltiple TDMA es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión de datos, que eliminan redundancia y periodos de silencio y decrementan el tiempo necesario en representar un periodo de voz. Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal. Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil. TDMA es un concepto bastante antiguo en los sistemas de radio.

En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están asignado unos slots de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama. Un slot GSM (Global System for Mobile Communications) es de $577 \mu s$, y cada usuario tiene uso del canal (mediante su slot) cada $4.615 ms$ ($577 \mu s \times 8 = 4.615 ms$), ya que en GSM tenemos 8 slots de tiempo.

FIGURA 9. Visualización del porcentaje de eficiencia del funcionamiento del satélite trabajando con TDMA con respecto al acceso de diferentes estaciones.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO (CDMA)

Además de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA, que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones existe una tercera alternativa en la que el transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica, denominada **acceso múltiple por diferenciación de código** o **CDMA**, y que aparentemente resulta imposible, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA, es totalmente digital, y que presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios.

Por otra parte, presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (un transpondedor completo), pues cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

La comunicación por el sistema Code Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Códigos), es la norma más difundida para sistemas inalámbricos. Codifica, transmite y decodifica ráfagas de información en una fracción de tiempo que se requiere para producir sonido. Ocho suscriptores pueden compartir el mismo canal, transmite mensajes de datos y fax hasta 9.600 bits por segundo y permite técnicas avanzadas de encriptación para evitar la interceptación de llamadas.

A continuación se presenta en la figura la manera en que operan una red de seis estaciones terrenas con la técnica de acceso CDMA. Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits de información; de las estaciones terrenas receptoras, sólo la destinataria de cierta información determinada conoce en código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, aunque llegue superpuesto con todos los demás mensajes que se transmitieron simultáneamente, pues éstos últimos sólo los detecta como ruido tolerable. Las técnicas usadas para la codificación de las señales son las de secuencia directa DS y las de salto de frecuencia FH. Otras técnicas que se utilizan son las de salto de tiempo TH, uso de sistemas FM con pulsos o sistemas chirp, y técnicas híbridas: FH+DS, TH+FH, TH+DS. Los sistemas CDMA suelen funcionar de forma sincronía. La sincronización se facilita mucho pero es difícil encontrar buenos códigos.

En virtud de que el ancho de banda que utiliza el sistema de CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificar cada bit de información en nuevo tren de bits, también se le denomina **acceso múltiple con espectro expandido** o **SSMA**.

FIGURA 10. Red de seis estaciones terrenas que operan con acceso múltiple CDMA. Las estaciones transmisoras usan la misma frecuencia y transmiten al mismo tiempo; las receptoras deben conocer el código de transmisión para reconstruir el mensaje original.

FIGURAS 11 Y 12. Técnicas de codificación para la transmisión CDMA.

CONCLUSIONES.

El desarrollo de los métodos de acceso múltiple ha servido para acelerar y facilitar la transición de las comunicaciones hasta su óptimo aprovechamiento. Con el acceso múltiple a cada estación terrestre se le asigna cierta manera de transmisión con la cual puede obtener comunicación de manera ininterrumpida de acuerdo a sus necesidades de comunicación, además garantizan la mejor utilización del suministro de energía a bordo del satélite.

Con las diferentes técnicas de acceso múltiple es posible que diversas estaciones terrestres emitan y reciban información al momento que sea deseado; así pues, todas las empresas, ciudades o individuos pueden estar comunicados en todo momento para que la información generada sea utilizada por quien la necesite. Actualmente estas técnicas son muy utilizadas en la telefonía celular dando paso a la llamada tercera generación, digitalizándolos para la transmisión de datos y voz en menor tiempo posible y reduciendo las fallas en la comunicación, además de darles mayor seguridad a las transmisiones ya que con ellas es más difícil la decodificación por alguien ajeno a ellas.

BIBLIOGRAFÍAS

Enciclopedia de las Ciencias. (1987). Tomos 1, 9, 10. Editorial Cumbre S.A. México, D.F.

Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99. © 1993–1998 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<http://murray.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Hall/fdma.htm>

<http://www.canalti.com/magazine/0298/cdma.cfm>

<http://www.eolnet.net/empresas/DAMA/vision.htm>

<http://www.insesur.com/gsm.htm>

<http://www.netarroba.com.mx/presentaciones/net99/tsld043.htm>

<http://www.suretel/SCPC.com> (SURETEL COMPANY)

<http://www.decom.fee.unicamp.br/~luna/foro.html>

Neri Vela Rodolfo.(1988) Satélites de Comunicaciones. Ed. McGraw Hill, México D.F.

28

A

B

C

36 MHz

TDMA

1.5 Mb

SCPC con telefonía analógica

72 MHz

(a)

72 MHz

(b)

Portadora única

TDMA

120 Mb/s

Video

analógico