

Comunicaciones Espaciales

Acceso

Fernando D. Quesada Pereira¹

¹Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidad Politécnica de Cartagena

15 de octubre de 2010

- 1 Definición Acceso Múltiple
 - Clasificación
- 2 FDMA
 - Acceso Múltiple en satélites Intelsat
 - FDM/FM/FMA
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

- Se entiende por **técnica de acceso múltiple** la capacidad de acceder de manera conjunta desde varias estaciones terrestres a un transpondedor de satélite.
- Se diferencia del **multiplexado** en que éste se hace en cada estación terrestre, mientras que el acceso múltiple es más un concepto de tráfico.
- Es característico de los satélites, ya que a un solo elemento común como es el propio satélite acceden varios usuarios.
- Como conceptos hay que tener clara la relación entre:
 - Modulación
 - Multiplexado
 - Duplexado
 - Acceso Múltiple

- 1 Definición Acceso Multiple
 - Clasificación
- 2 FDMA
 - Acceso Multiple en satélites Intelsat
 - FDM/FM/FMA
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

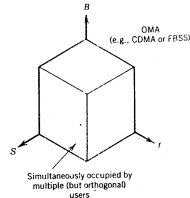
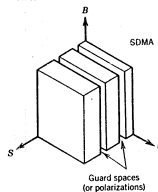
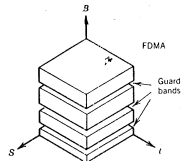
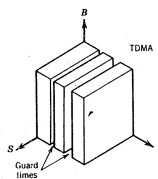
Clasificación de las técnicas de acceso múltiple

Clasificación por **diversidad**:

- En frecuencia (FDMA)
- En tiempo (TDMA)
- En código (CDMA)
- Híbridas
- Espacial (SDMA), diferentes haces de antenas.
- Por polarización (PDMA).

Por **asignación**:

- Preasignada (fija, PAMA)
- Bajo demanda (DAMA), aprovecha mejor los recursos, pero es más complejo.
- Acceso aleatorio (RMA) (ALOHA)



Clasificación por diversidad de las técnicas de acceso múltiple

- Es la más sencilla técnicamente.
 - Se divide el espectro (un canal por transpondedor) en bandas.
 - No requiere sincronización, pero la potencia debe ser similar.
 - Coexistirán varias portadoras en el transpondedor (Intermodulación). Hay que dejar un **backoff** en los amplificadores.
- Se utiliza con varias técnicas de modulación y multiplexación. Las primeras siglas se corresponden a la multiplexación en origen, las segundas a la modulación y las últimas a las técnicas de acceso múltiple.
 - **FDM/FM/FDMA**: Tradicional para circuitos de voz analógicos de telefonía.
 - **TDM/PSK/FDMA**: Técnica Digital.
 - **SCPC/FDMA**: Cualquier modulación (sin multiplex): FM, PSK,...
- Ejemplos de Intelsat:
 - SCPC (Single Channel Per Carrier) y MCPC (Multiple Channel Per Carrier)
 - FDM/FM/FDMA, otro ejemplo SPADE.

- 1 Definición Acceso Multiple
 - Clasificación
- 2 **FDMA**
 - **Acceso Multiple en satélites Intelsat**
 - FDM/FM/FMA
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

Acceso múltiple en Intelsat I, II y III

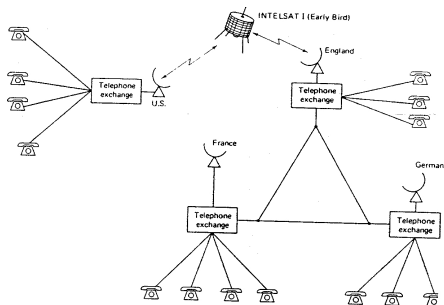
Satélites antiguos

Intelsat I:

- 240 circuitos de voz en un solo transpondedor de 50 MHz (subdividido en 2).
- Sólo 2 estaciones terrestres SCPC con asignación fija (PAMA).
- 1 TWT trabajando en la zona no lineal.

Intelsat II y III:

- Varias estaciones: MCPC asignación fija.
- 2 transpondedores de 225 MHz en Intelsat III.



Esquema de acceso múltiple de Intelsat I.

Comparación entre planes de frecuencia entre Intelsat III y IV

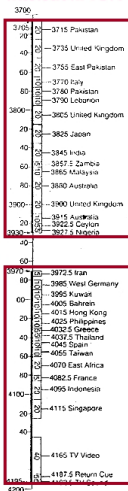
Comparación de planes de frecuencias en banda C.

- Intelsat IV: 12 transpondedores de 36 MHz.
- Intelsat III: 2 Transpondedores de 225 MHz.

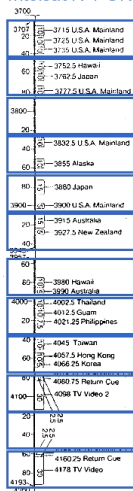
Intelsat III:

- Existen más portadoras
- Como consecuencia más productos de Intermodulación
- Más potencia por amplificador
- Menor linealidad, se llega antes a saturación.

Intelsat III IOR



Intelsat IV POR



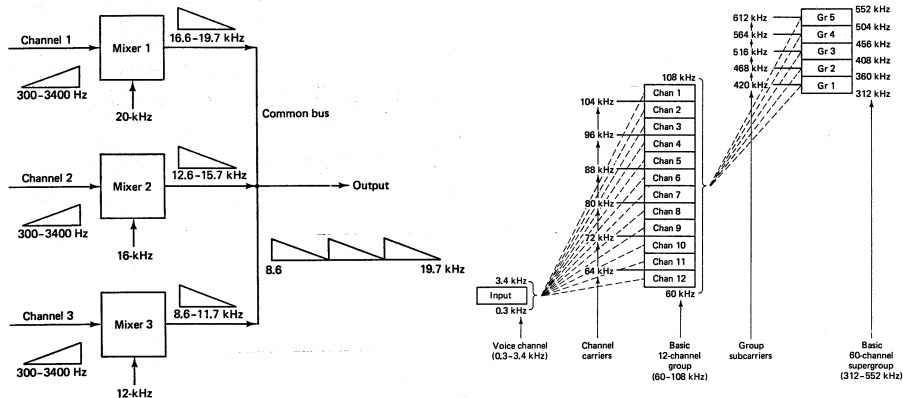
Índice de Contenidos

- 1 Definición Acceso Multiple
 - Clasificación
- 2 **FDMA**
 - Acceso Multiple en satélites Intelsat
 - **FDM/FM/FMA**
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

- Características:
 - Varios canales voz multiplexados en frecuencia, luego **MCPC**.
 - Modulación **FM**.
 - Acceso múltiple por división en frecuencia (**FMA**) para varios usuarios que comparten el transpondedor de manera fija.
- Los usuarios del sistema deben estar en la misma huella o haz de acceso al transpondedor en cada uno de los caminos de la conversación.
- Emplea TWT trabajando en la zona no lineal.
 - Problema de linealidad con la potencia y el aprovechamiento de ancho de banda (hay que dejar bandas de guarda).

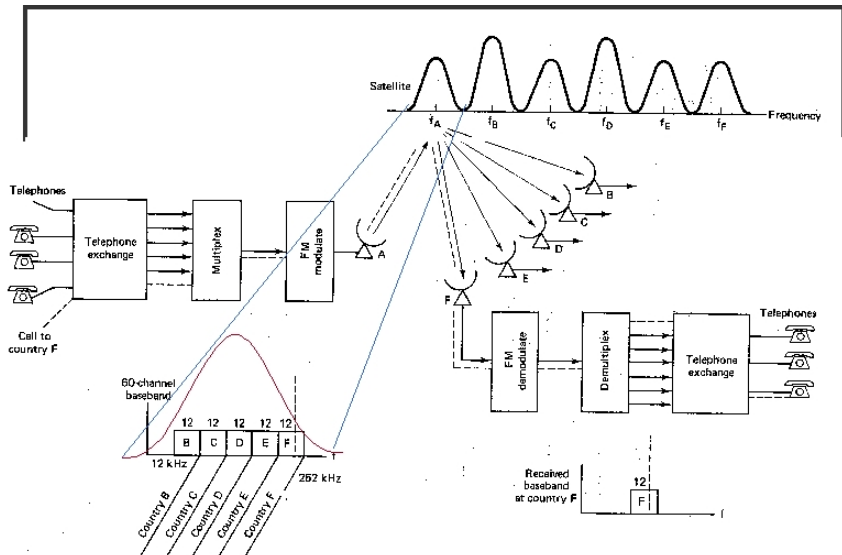
FDM multiplex de voz en frecuencia

Multiplex de distintos canales de voz que se agrupan (12 canales de voz, que posteriormente se agrupan en 5 paquetes con un total de 60):



FDM/FM/FMA

El **transpondedor** lleva varios de los grupos anteriores de 60 canales.



Relación compleja entre:

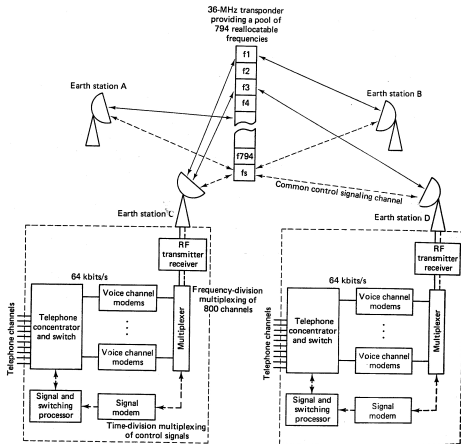
- **Número de canales** (al aumentar el número de canales por portadora crece la en frecuencia de la modulación FM, luego aumenta el **ruido** al estar en un **ancho de banda más grande**).
- **Número de portadoras** (al **aumentar** el **número de portadoras** por transpondedor, aumentan los productos de intermodulación por lo que **baja C/I**).
- **Bandas de guardia** (al aumentar el número de portadoras por transpondedor, hacen falta más bandas de guardia).

- 1 Definición Acceso Multiple
 - Clasificación
- 2 **FDMA**
 - Acceso Multiple en satélites Intelsat
 - FDM/FM/FMA
 - **SPADE**
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

SPADE

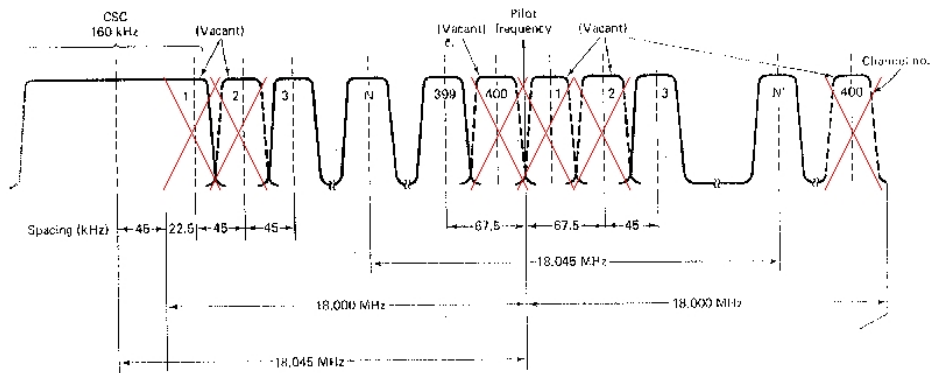
Single Channel per Carrier Pulse code modulated multiple access demand assignment

- Por demanda (DAMA).
- SCPC.
- Digital PCM.
- Acceso Múltiple en frecuencia (FMA).
- Canal de señalización CSC (160 KHz) para la demanda de otros canales por las estaciones terrestres. Sirve para establecer enlaces entre distintas estaciones.
- Estaciones con DASS (Demand Assignment Signaling and Switching unit) para controlar el CSC.

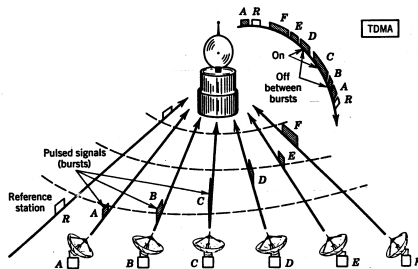
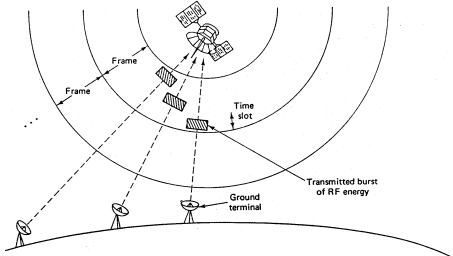


- Single channel per carrier, PCM, multiple Access Demand assigned Equipment.
- Sistema digital de asignación bajo demanda, aprovecha mejor el ancho de banda BW.
- Características: por transpondedor de 36 MHz.
 - 800 canales unidireccionales de 45 kHz (QPSK, 64 kbps)
 - CSC de 160 kHz (Common Signalling Channel, BPSK, 128 kbps, TDMA)
 - Se dejan canales sin usar para proteger portadora piloto (6).
 - Distancia fija entre canales con misma numeración(18,045 MHz) .
- Los usuarios del sistema deben estar en la misma huella de acceso al transpondedor para los dos caminos de la conversación.

Se suprimen algunos canales para evitar interferencias.

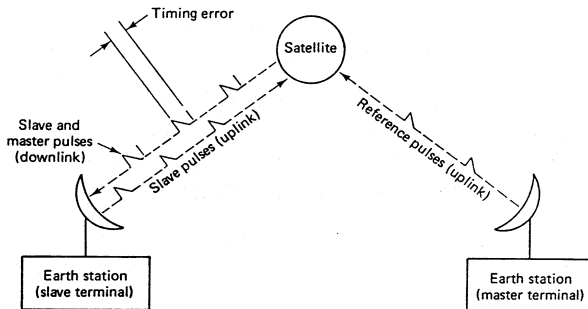


- Cada emisor tiene asignado un slot temporal
 - De manera fija (PA–TDMA) o bajo demanda (DA–TDMA).
 - Como problema principal los emisores deben estar sincronizados.
 - Se dejan tiempos de guarda para evitar desviaciones.
- El satélite amplifica de manera transparente.



- Es la técnica más naturalmente orientada al transporte de **información digital**. Es más flexible debido a que se pueden tener distintos algoritmos.
- Fácilmente reconfigurable para el encaminamiento debido a su carácter digital .
- Resiste el ruido y la interferencia de otras fuentes.
- Sólo una portadora por transpondedor (no hay intermodulación), no hace falta **backoff** y los amplificadores pueden funcionar a máxima potencia.
- Transporta indistintamente datos y voz.
- Equipos terrestres más complejos por el tema de interconexión y protocolos.
- Necesidad de sincronización.
 - Problema complejo en los enlaces vía satélite (pequeños desplazamientos de la posición nominal cambian el retardo(incluso para GEO), ventana de $0,1^\circ$, 75 km, 0,25 ms)

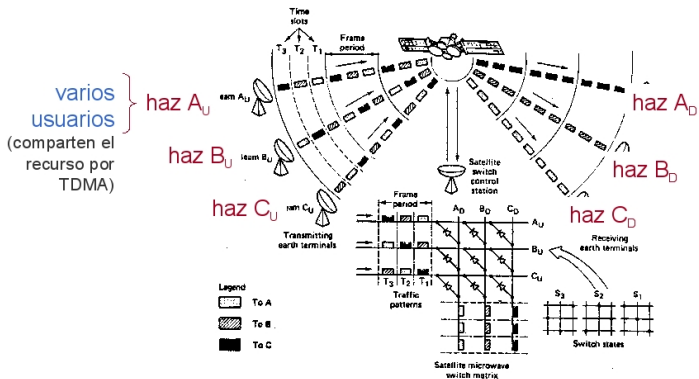
- Sincronización Loop–back (Closed loop).
 - Una estación envía Start of Transmit Frame (SOTF).
 - Las estaciones envían una ráfaga (menos potencia o con PN).
 - Se escuchan su propio mensaje y comparan con SOTF.
 - Las estaciones deben estar en la misma huella de rx y tx. Si no, se pueden utilizar estaciones de referencia.
 - No existe un mando que haga callar a la estación que interfiere.



- Sincronización cooperativa (Open loop).
 - Una estación (de control) toma la iniciativa sobre el proceso.
 - Envía información de sincronización
 - Escucha y hace callar a una estación mal sincronizada.
 - La estación puede no estar en la huella de recepción porque no tiene que escuchar sus propios mensajes para sincronizar.

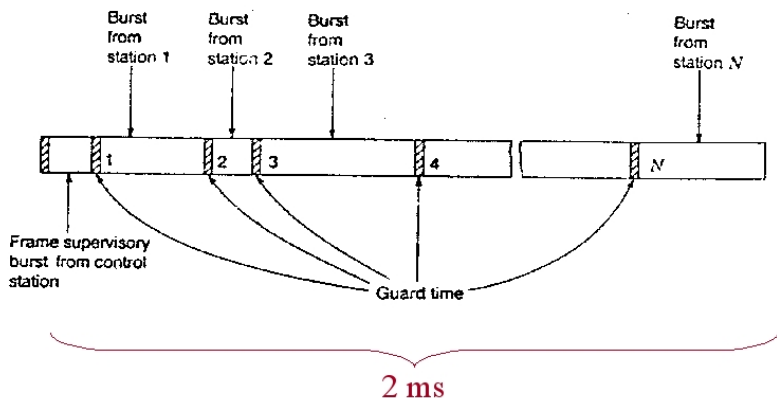
(Satellite Switched SS–TDMA (se introduce en Intelsat VI)

- La matriz cambia cíclicamente de estado para conmutar coberturas (es una especie de multiplexación en espacio).
 - En cada cobertura varios usuarios comparten el haz por TDMA.
- El patrón de cambio de estados se envía desde la estación de control.



TDMA: trama de 2 ms

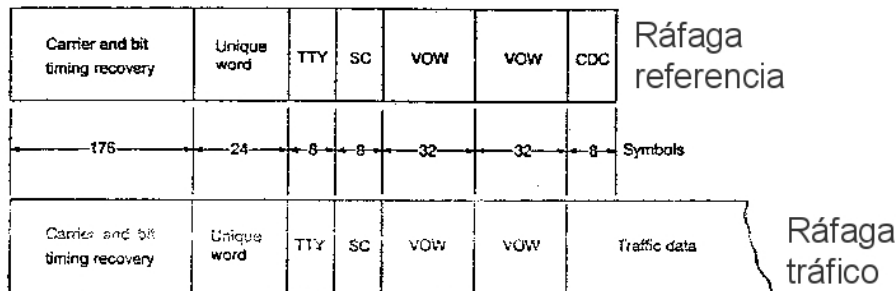
- Se forma en el transpondedor de satélite una trama binaria de 2 ms compuesta de ráfagas (120 Mbps) y tiempos de guardia $1\ \mu\text{s}$.
- Ráfagas de referencia o de tráfico de las N estaciones.
- Una de las ráfagas corresponde a la **estación de control**.



TDMA: Ráfaga

En el receptor:

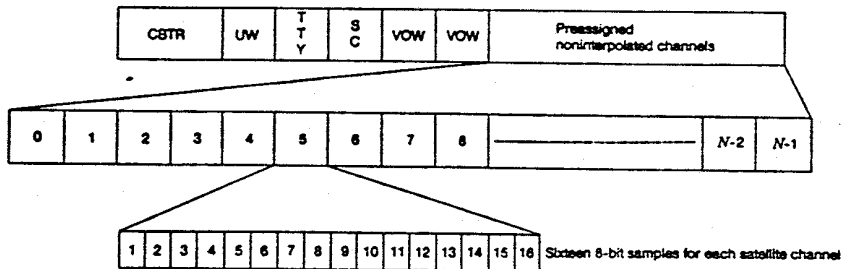
- Toma frecuencia y fase de la portadora.
- Sintoniza pulsos de reloj
- Detecta principio de ráfaga mediante la palabra única (UW).



Intelsat TDMA: ráfaga DNI

DNI (Digital Non Interpolated):

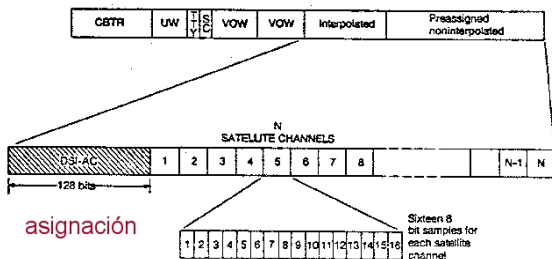
- Se utiliza en tráfico preasignado.
- 128 canales.
- Trama normalmente tiene 2 ms de duración, cada estación emite sólo 1 ráfaga por cada trama.
- Voz muestreada a 8 kHz (1 muestra cada $125\mu s$)
- Luego se necesitan 16 muestras de 8 bits por canal. En una ráfaga de estación en una trama para que no haya submuestreo.



Intelsat TDMA: ráfaga DSI

DSI (Digital Speech Interpolated):

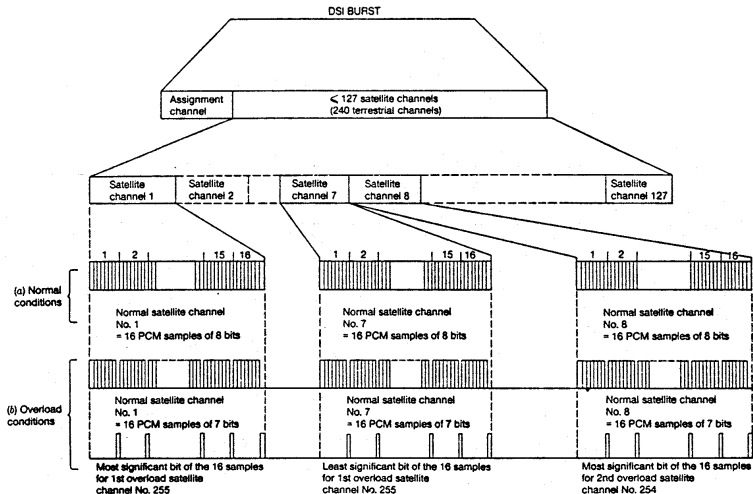
- Aprovecha pausas de la conversación para enviar más canales ($\times 2, 4$).
- Logra 240 canales terrestres con 127 canales de satélite (aquí es diferente el concepto de canal de satélite y el terrestre). Un canal dedicado a la asignación de canales terrestres.
- En condiciones de saturación realiza un proceso especial.



[Ref.-Roddy, 2001]

Ráfaga DSI: saturación tráfico

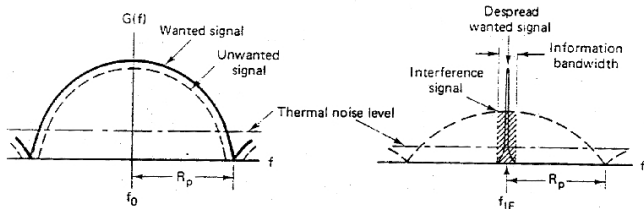
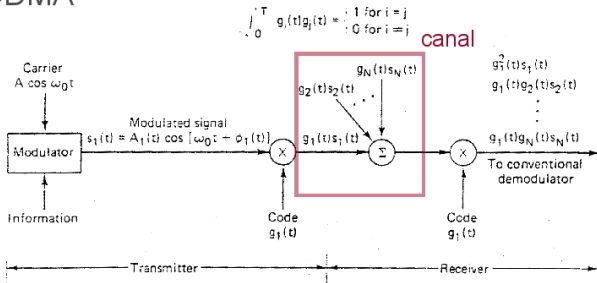
- 16 canales adicionales despreciando un bit de cada muestra de los 112 (16×7) primeros canales de satélite.



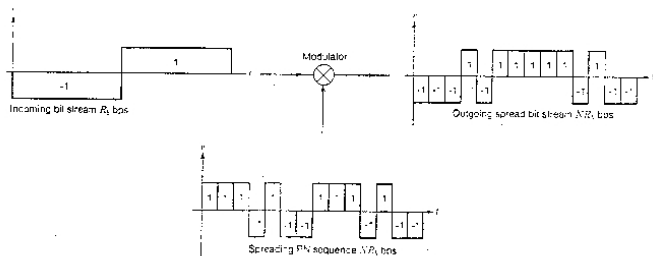
- Por división en código
 - Ocupa tiempo y frecuencia simultáneamente y se distingue por la utilización de códigos ortogonales.
- Nació en el campo de la comunicación militar, ya que es difícil de detectar debido a que se está por debajo del nivel de ruido.
- Existen varios tipos:
 - **DS-CDMA** Secuencia directa, multiplicación por un código rápido PN (PseudoNoise).
 - **FH-CDMA** salto en frecuencia (siguiendo un PN).
 - También hay de salto en tiempo pero rara vez se emplea..

- Más privacidad, ya que es difícil de detectar.
- Se reparte el desvanecimiento en el canal.
- Resiste a la interferencia al encontrarse en un gran ancho de banda.
- Mayor flexibilidad.
- No depende de la sincronización (asincronía), ya que las estaciones pueden emitir cuando quieran.
- Problema de **ortogonalidad** de los **códigos**, se deben escoger cuidadosamente para que guarden alta ortogonalidad para evitar espurios.
- Cada emisor necesita una secuencia de código distinta.

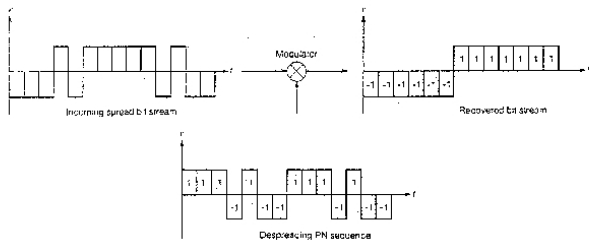
DS-CDMA



Ensanchador



Desensanchador



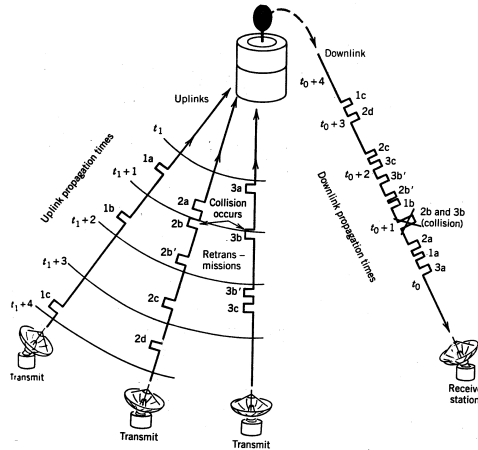
Índice de Contenidos

- 1 Definición Acceso Multiple
 - Clasificación
- 2 FDMA
 - Acceso Multiple en satélites Intelsat
 - FDM/FM/FMA
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - **clasificación**
 - RMA (ALOHA)

- **PAMA:** Acceso preasignado.
 - Indicado para tráfico constante y conocido de antemano.
 - Intelsat I, II, y III.
 - Desaprovecha los recursos de los transpondedores al no utilizarse cuando no hay señal que enviar.
- **DAMA:** bajo demanda
 - Cuando el tráfico es variable, con muchas intermitencias.
 - Requiere de un costoso sistema de control.
 - SPADE, Inmarsat, TDMA–Intelsat.
 - Se aprovechan mejor los recursos del transpondedor.
- **Acceso aleatorio:** bajo volumen de datos e irregular.
 - Provoca pérdida de datos en situación de congestión de tráfico. (ALOHA y sus variantes).
 - Si el volumen de tráfico es alto es muy alto se pierde mucha eficiencia.

- 1 Definición Acceso Múltiple
 - Clasificación
- 2 FDMA
 - Acceso Múltiple en satélites Intelsat
 - FDM/FM/FMA
 - SPADE
- 3 TDMA
- 4 CDMA
- 5 Técnicas de acceso múltiple por asignación
 - clasificación
 - RMA (ALOHA)

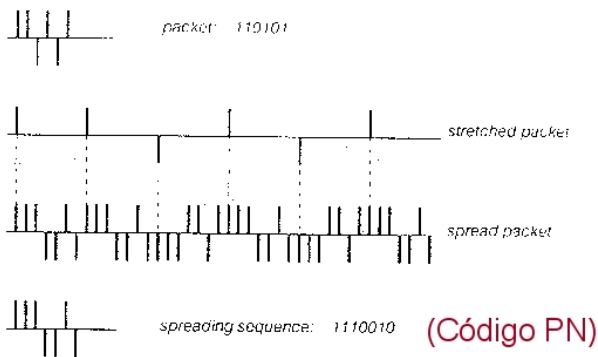
- ALOHA básico.
 - Cada estación emite cuando lo desea y escucha el canal.
 - Si hay colisión espera un tiempo aleatorio y retransmite.
- Variaciones:
 - Slotted (ranurado) ALOHA (sincronizado).
 - Reservation ALOHA (primero se reservan los canales).
 - Spread ALOHA (VSATs).



- Surgió en comunicaciones terrestres.
 - En tierra, el factor que limita es la potencia de pico.
 - En el espacio el factor que limita es la potencia media transmitida.
 - Se utiliza todo el BW, por lo tanto con transmisiones cortas y poca probabilidad de colisión.
 - Con ALOHA ranurado (**slotted Aloha**) se dobla la capacidad gracias a la sincronía.
- Si el ciclo de ocupación es bajo, la S/N es baja.
 - La capacidad de transmisión multiacceso ALOHA en satélite iguala al límite teórico de capacidad de un canal de Shannon.
- El problema es que **la potencia de pico aumenta**.
 - **Spread ALOHA** como solución, se ensancha el tiempo.

SPREAD ALOHA

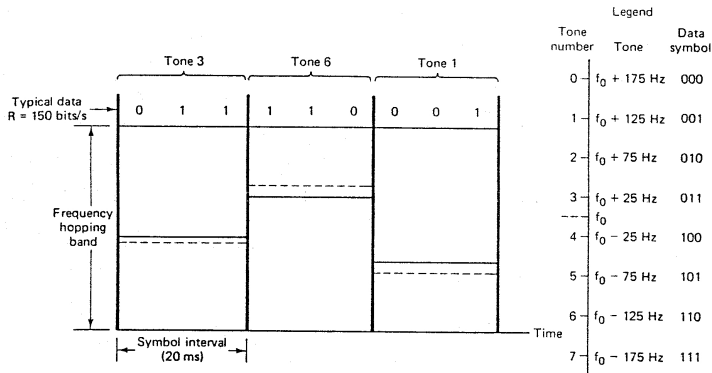
- A diferencia de DS-CDMA, se ensancha en tiempo.
- La secuencia ensanchadora es igual para todas las estaciones.
- Se incrementa el solapamiento en el canal físico.
- Pero la **probabilidad de colisión** es igual a ALOHA.



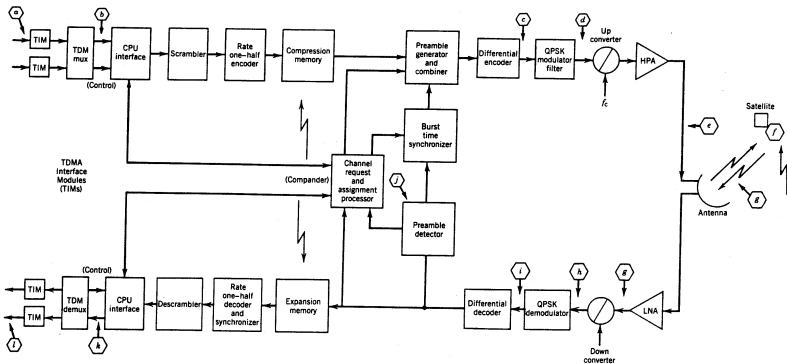
- Se han revisado las técnicas de acceso.
 - Mostrando algunos ejemplos de comunicaciones vía satélite.
 - Especial interés en los utilizados por Intelsat.
- Es un tema crítico en los campos clave de las aplicaciones de satélite.
 - Comunicaciones móviles.
 - Redes de datos VSAT.
 - Interactividad en difusión.
- Comparación entre las distintas técnicas

Es similar a M-FSK

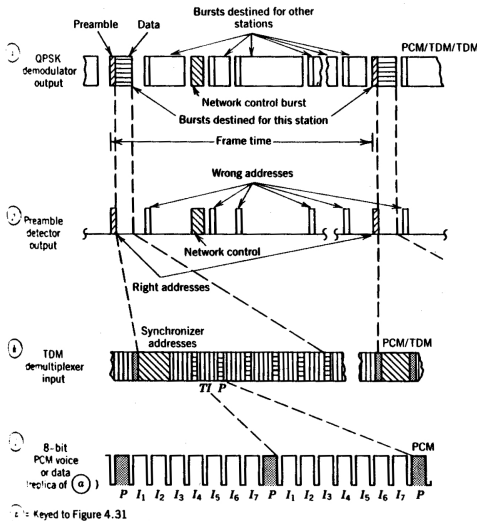
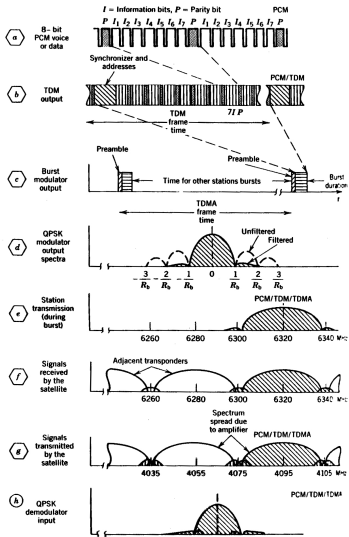
- La diferencia es que **la portadora salta** de acuerdo **con la secuencia pseudo-aleatoria**.
- Aquí el tiempo de símbolo es igual al tiempo de salto.



Ejemplo de TDMA



Ejemplo de TDMA

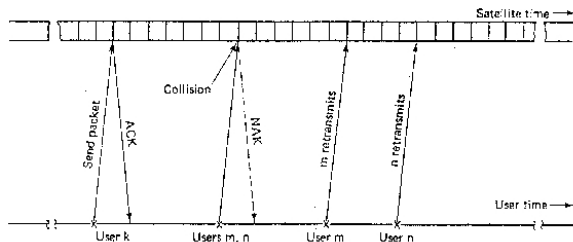


Comparación entre técnicas de acceso múltiple

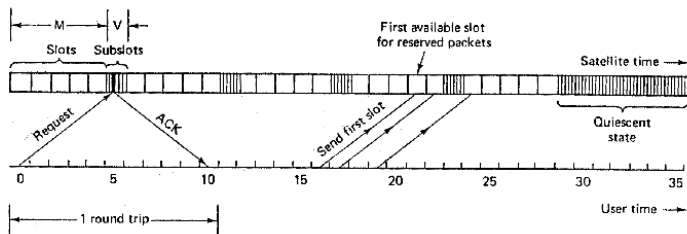
Domain	Frequency FDMA	Time TDMA	Code CDMA ^b	Space SDMA ^c
Channel separation means	Spectrum	Time	Orthogonal codes or spread spectrum	Spatial (beams, orbits, polarization)
Channels per transponder at any one instant	Many	One ^d	Many	Many
Spectrum use	Nonoverlapping	Sequentially	Overlapping	Reused
Typical application	Low-traffic-level analog	High-traffic-level analog and digital	Military, data collection, and digital	Wherever extra spectrum or capacity is needed
Typical baseband multiplexer	FDM	TDM	Frequency hopping, FSK; pseudo, noise, PSK	
Network discipline at transmission	Frequency and power adherence	Time slot (burst) adherence	None required	
Synchronization	None	Time	Long or changing codes	
Channel capacity limits	Intermodulation (IM) products from multiple carriers; guard bands	Bandwidth-to-band ratio, spectrum and guard times, and TDMA efficiency	Self-interference	Self-interference and number of interbeam connections (switch size)
Limits to number of instantaneous carriers per transponder	Intermodulation (IM) products	One per frequency slot ^d	Self-interference	

Slotted Aloha y Reservation

Slotted Aloha



Reservation Aloha



Referencias de las figuras

-  M. Richharia.
Satellite Communication Systems, Second Edition.
McGraw-Hill Telecommunications, 1999.
-  D. Roddy.
Satellite Communication, Third Edition.
McGraw-Hill Telecommunications, 2001.
-  G. Maral y M. Bousquet.
Satellite Communication Systems, Fourth Edition.
Wiley, 2002.
-  T. Pratt, C. Bostian y J. Allmutt.
Satellite Communication, Second Edition.
John Wiley & Sons, 2003.