

Capítulo 5

Aplicaciones

5.1 Conectividad, topología, configuración y cobertura

Las funciones de comunicaciones de un satélite pueden ser retransmisión de datos (telecomunicaciones), colección de datos (investigación) o de telemetría, rastreo y comando.

El sistema conformado por satélites, estaciones terrenas y los enlaces formados entre ellos conforma la red de comunicación vía satélite. La manera en que los elementos de este sistema se interconecten, o conectividad, y su distribución determinan la topología o arquitectura de red, la cual depende del tipo de órbita del satélite, la cobertura y función, ya sea retransmisión de datos como difusión de televisión, telefonía, acceso a Internet; colección de datos o de telemetría, rastreo y comando.

Las topologías usadas en redes de satélites son malla, estrella o múltiple estrella donde los nodos son estaciones terrenas, equipos terminales o nodos centrales o *hub*.

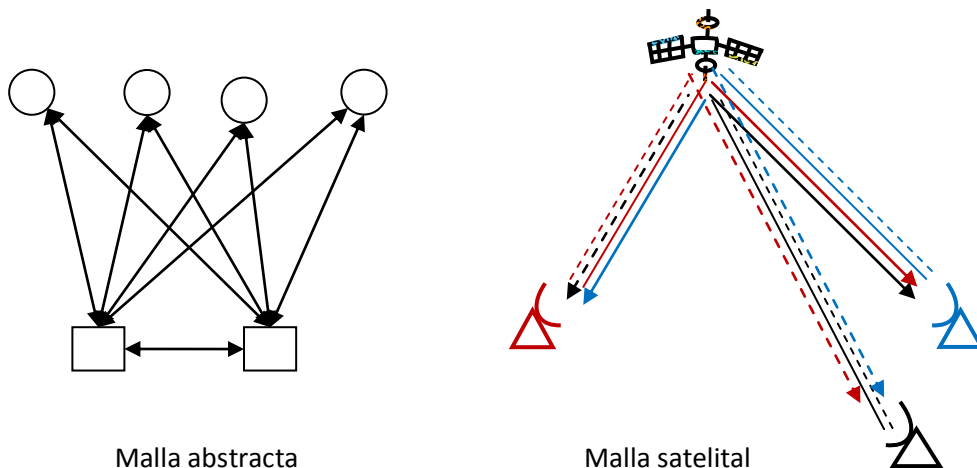


Figura 5.1 Topología de malla.

La topología de malla permite a todas las estaciones terrenas formen enlaces con cualquier otra que este dentro de los contornos PIRE y G/T que garantizan

el servicio. Nótese que el satélite es transparente en el modelo abstracto, ya que se trata de un satélite con transpondedor, sin procesamiento a bordo.

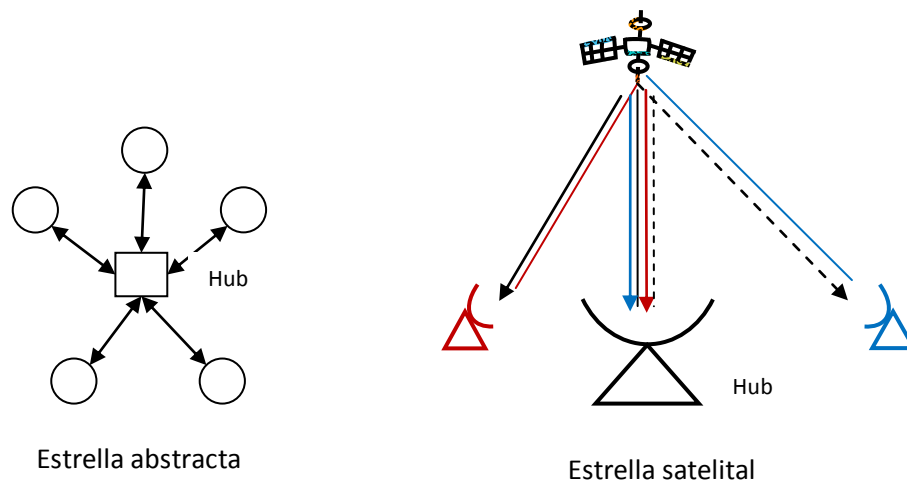


Figura 5.2 Topología de estrella.

La topología de estrella permite que las estaciones terrenas se comuniquen sólo con el *hub*, el cual es una estación de dimensiones mayores, y esta se comunica con todas. El satélite funciona como un repetidor transparente en la topología. Una topología de múltiple estrella se conforma de varios nodos centrales con sus respectivos grupos de estaciones terrenas.

Además de la topología, se define que tipo de enlaces se tienen, si son enlaces unidireccionales donde las estaciones sólo reciben o bidireccionales, es decir, las estaciones transmiten y reciben, además enlaces entre satélites.

La conectividad de la red satelital describe como se hacen los enlaces:

- *Unicast*: enlace bidireccional punto a punto.
- *Broadcast*: enlace unidireccional punto a multipunto (todos los puntos).
- *Multicast*: enlace unidireccional punto a multipunto (algunos puntos).
- Multiplexado: multipunto a punto.
- Multipunto a multipunto.

Para determinar la configuración de una red es necesario¹:

- ✓ identificar los requerimientos de comunicaciones: diagrama de flujo de la misión, especificar las fuentes de información, locaciones, tasa de datos, retraso, disponibilidad y confiabilidad.
- ✓ especificar arquitecturas alternativas

¹ Larson, 2005

- ✓ determinar tasas de datos para cada enlace.
- ✓ diseñar y valorar cada enlace y comparar con las alternativas.

A continuación se presenta un esquema representativo de una red satelital.

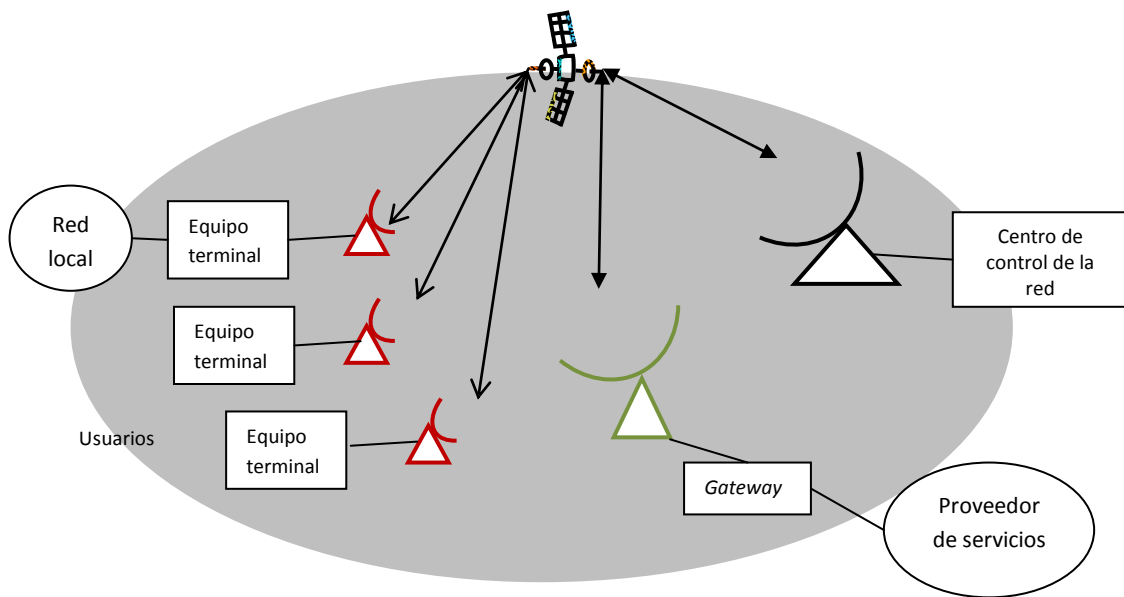


Figura 5.3 Red satelital.

Los equipos terminales son dispositivos como teléfonos, equipos de televisión o computadoras. El *Gateway* es el puerto que conecta al proveedor de servicios con el satélite y así tener acceso a alguna red pública o privada. Los parámetros de los enlaces pueden ser reconfigurados por las estaciones de control.

Es importante elegir la técnica de acceso al medio para mejorar la capacidad de una red satelital, es decir, aumentar la cantidad de usuarios con el servicio por enlace. Las técnicas de acceso al medio son Múltiple Acceso por División de Frecuencia, FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), donde cada usuario tiene un determinado grupo de frecuencias, Múltiple Acceso por División de Tiempo, TDMA (*Time Division Multiple Access*), donde cada usuario tiene un tiempo determinado para transmitir o recibir usando el mismo ancho de banda, Múltiple Acceso por División de Código, CDMA (*Code Division Multiple Access*), donde cada usuario se le es asignado un código cuyas señales parezcan ruido a los demás usuarios, además existen combinaciones para incrementar la capacidad. También existe el reúso de frecuencias por división en el espacio, es decir usar la misma banda en diferentes lugares sin interferencia significativa.

La cobertura, es la zona geográfica donde se tiene garantizado el servicio de telecomunicación. Sus condiciones de ubicación, atmosféricas y de mercado e influyen en el diseño de la red y en la tasa de datos de cada enlace definiendo PIRE y G/T. Optimizar la cobertura significa tener ahorros en las estaciones terrenas y en los servicios.

5.2 Servicios

La función de retransmisión de señales corresponde a los servicios fijos y de difusión de telecomunicaciones, los cuales se describen de manera resumida a continuación para satélites GEO, sin embargo, también existen aplicaciones, sobre todo móviles, de comunicaciones en otros tipos de órbitas.

Es importante mencionar que los sistemas digitales se han impuesto a los analógicos debido a las ventajas como compresión y posibilidad de procesamiento, y son estos los que se consideran en esta tesis. Las bandas principales de operación son Ku y Ka.

5.2.1 TV

La televisión, TV, es la transmisión y recepción de señales de video y audio. El servicio fijo y radiodifusión por satélite se logra con una red de conectividad punto a multipunto en una topología de estrella. Los enlaces son unidireccionales del *hub* o estación terrena alimentadora hacia las estaciones terrenas, en estas últimas, las dimensiones de las antenas son pequeñas, aproximadamente medio metro. Este modo de difusión recibe el nombre de DTH (*direct-to-home*) y se trata principalmente de televisión restringida, es decir, hay que pagar por el servicio. Sin embargo, la aplicación de TV interactiva requerirá de enlaces de regreso, bidireccionales, del usuario hacia el *hub*.

Para alojar diferentes canales, se distribuyen las portadoras moduladas en el ancho de banda del transpondedor con FDMA. Recordando que el ancho de banda del transpondedor puede ser de 36 [MHz] o 72 [MHz]. Para el caso de señales digitales se pueden multiplexar varios programas en la misma portadora usando TDMA.

Existen diferentes estándares en transmisión de TV, dependiendo de las tecnologías analógicas o digitales o para la calidad del video (definición). La televisión digital ofrece ventajas respecto a la analógica con la codificación,

más canales y ahorro en uso de transpondedores. La codificación de fuente sirve para compresión y la de canal para detectar y corregir errores agregando bits de redundancia, por ejemplo, una código de 1/2 significa que por cada bit de información hay un bit de redundancia. Los estándares definen parámetros como métodos de compresión, detección y corrección de errores, modulación, niveles de las relaciones portadora a ruido, C/N, y tasas de datos requeridas, entre otros aspectos para la compatibilidad de hardware. Para la televisión se requiere una tasa de 44 [Mbps] a 92.5 [Mbps]².

Existen diferentes estándares:

DVB-S y DVB-S2 (*Digital Video Broadcasting- Satellite*), Difusión de Video Digital vía Satélite. Es un estándar hecho en Europa muy aceptado debido a que es usado en muchos sistemas de TV y países. Características para la segunda versión³:

- Tiene las opciones de calidad estándar y de alta definición (SDTV, *Standard Definition Television* y HDTV *High Definition Television*).
- La modulación es adaptable: QPSK, 8PSK, 16QAM, de acuerdo a las condiciones de propagación las cuales repercuten en C/N de acuerdo a la región.
- Uso de Multiplexor por División de Tiempo, TDM (*Time Division Multiplex*).
- La versión 2 es una mejora a anterior que implica nuevas aplicaciones como TV interactiva entre otras.
- Código Reed-Solomon para protección de errores y MPEG (*Moving Picture Experts Group*) para compresión.
- Alta eficiencia espectral. En ancho de banda de 27.5 [MHz], se obtienen tasas de 46 [Mbps] con C/N = 5.1 [dB], usando QPSK y código 3/4. Aumentando a C/N = 7.8 [dB] y usando 8PSK con código 2/3 se obtiene una tasa útil de 58.8 [Mbps]⁴.
- Útil para difusión de datos.

DVB-S2 es un estándar más usado y sirve de referencia para apreciar que el PIRE del satélite influye en la calidad del servicio y en el ahorro de la estación receptora.

ISDB-S (*Integrated Services Digital Broadcasting*), Transmisión Digital de Servicios Integrados. Incluye radio. Creado en Japón. Alcanza una tasa de datos de 52 [Mbps] en un ancho de banda de 34.5 [MHz] utilizando diferentes modulaciones, codificación MPEG y Reed-Solomon.

² Ibídem.

³ ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08)

⁴ DVB Fact Sheet , 2010

ATSC DTH (*Advanced Television Systems Committee Direct-to-Home*) es un estándar elaborado en Estados Unidos. En el estándar A/81 está definido como funciona el sistema.

S-DMB (*Satellite - Digital Multimedia Broadcasting*), Difusión de Multimedia Digital por Satélite es un estándar de Sur Corea. Utiliza la banda S de microondas.

Cabe mencionar que la utilización de estándares de televisión vía satélite es consecuencia del uso en televisión terrestre. Es decir, a partir del funcionamiento de un estándar para televisión convencional, se implementa para la televisión satelital.

DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*), Difusión Digital Multimedia vía Terrestre, es el estándar de China. Aún sin versión satelital.

5.2.2 Voz

El servicio fijo de voz o telefonía fija es la comunicación bidireccional de señales de audio. La función de un satélite GEO para servicios de voz son enlaces intercontinentales entre redes telefónicas, actuando como repetidor formando un enlace punto a punto en una topología de estrella o malla si es móvil. Para la telefonía fija la terminal del usuario se conecta con la central y esta con el *Gateway* que interconecta a las centrales telefónicas que forman parte de la Red Telefónica Pública Conmutada, PSTN (*Public Switched Telephone Network*) la cual consiste de enlaces vía satélite, enlaces de microondas, líneas de transmisión o fibra óptica..

Para una señal de voz de banda estrecha se tiene:

$$f_{max} = 3.6 [kHz]$$

$$f_{muestreo} > 2 \cdot f_{max}$$

$$f_{muestreo} = 8 [kHz]$$

$$R = f_{muestreo} \times 8 \frac{bits}{muestra} = 64 [kbps]$$

Para hacer digital la señal de voz se utiliza PCM (*Pulse Code Modulation*), Modulación Pulsos Codificados, o alguna variante de esta modulación mediante codificadores de voz. Un enlace telefónico por satélite requiere acceso a una Red Digital de Servicios Integrados, ISDN (*Integrated Services Digital Network*) y utilizando conmutación de circuitos mediante el protocolo de señalización es SS7 (sistema de Señalización por canal común no. 7).

En la tabla 5.1 se aprecia que al agregar redundancia disminuye la cantidad de canales telefónicos (disminución de tasa de datos), sin embargo también disminuye la relación C/N, por lo que se requiere menos potencia o dimensiones inferiores de antena. A partir del número de circuitos telefónicos y del código utilizado, en un transpondedor de 36 [MHz], se estima el parámetro C/N requerido para el enlace con modulación QPSK y eficiencia espectral igual a 1.5 [bps/Hz]:

Tabla 5.1 Relación entre canales telefónicos y C/N⁵

Tasa del código p	Número de canales telefónicos	C/N ₀ [dBHz]	C/N [dB]
1	804	87.8	12.3
3/4	603	82.0	6.4
1/2	402	79.3	3.8

La tasa del código es la relación entre el número de bits de información entre el número total de bits, esto es, cada k bits de información se agrega un bit de redundancia: $p=k/(k+1)$.

La gran desventaja para satélites GEO es el retardo debido a la altura de la órbita geoestacionaria aunque no se requieren transferencia de satélite sin interrupción del servicio, *handoff*, ya que se mantiene fija la conexión. Para aplicaciones móviles son más utilizados las constelaciones de satélites MEO o LEO.

5.2.3 Datos

Un satélite GEO puede dar servicio fijo de datos, acceso a una red pública o privada, mediante enlaces bidireccionales en topología de estrella (distribución de datos), malla (enlaces punto a punto) o combinación de topologías. Los datos son señales digitales codificadas de multimedia, texto, información o archivos en general, su tráfico es controlado por protocolos en diferentes capas.

⁵ Maral, 2009.

El modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos, OSI (*Open System Interconnection*), define 7 capas para el diseño de redes de datos: física, enlace de datos, red, transporte, sesión, presentación y aplicación. La carga útil de un satélite funciona en las primeras dos capas, física y enlace de datos, o hasta la tercera en el caso de satélites regenerativos con procesamiento a bordo, mientras que la red satelital opera hasta la capa de transporte:

Tabla 5. ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Capas del modelo OSI en una red satelital⁶.

Capa	Descripción
Física	Modulación, codificación de canal para transmisión de bits en el enlace de radiofrecuencia, medio físico.
Enlace de datos	Control de acceso al medios (subcapa MAC) para compartir el medio físico con las terminales mediante las distintas técnicas de acceso múltiple.
Red	Direccionamiento de red, control de congestión, dirige los paquetes de datos a su destino.
Transporte	Datos sin errores para la entrega a las capas superiores. Control de errores, flujo y congestión.

Las capas de Sesión, Presentación y Aplicación no están asociadas con el proveedor de telecomunicaciones. Internet se rige por los protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocols, Internet Protocols*), Protocolo de Control de Transmisión y Protocolo de Internet. De manera resumida, IP manda paquetes de enrutador a enrutador, TCP verifica la entrega de usuario a servidor. Existen aplicaciones, además de datos, de video y voz a través sobre IP, por los que los enlaces vía satélite requieren del suficiente ancho de banda para soportar estas aplicaciones.

Uso de VSAT (*Very Small Aperture Terminal*), Terminales de Muy Pequeña Apertura, para diferentes tipos de datos, redes bancarias ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) Modo de Transferencia Asíncrona, redes de noticias, etc. DVB-S2 puede manejar tráfico de datos también.

⁶ *Ibidem*.