

179
2ij



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UNA RED SATELITAL PARA
TRANSMISION DE MULTIMEDIA
EMPLEANDO TECNOLOGIA VSAT**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA DE INGENIERIA ELECTRICA
Y ELECTRONICA)**

**P R E S E N T A:
PATRICIO MEDINA ORTEGA**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

1986

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres

TESIS

COMPLETA

Contenido

CAPITULO 1: INTRODUCCION 1

- 1.1 Presentación
- 1.2 Definición del Problema
- 1.3 Método a Utilizar
 - 1.3.1 Desarrollo del Trabajo

CAPITULO 2: FUNDAMENTOS DE REDES 5

- 2.1 Conceptos
- 2.2 Servicios
- 2.3 Redes Públicas
- 2.4 Historia
- 2.5 Normalización

CAPITULO 3: CONCEPTOS DE REDES VSAT 9

- 3.1 Introducción
- 3.2 Tecnologías de VSAT
- 3.3 Servicios de Red Actuales y Aplicaciones Nuevas
- 3.4 Red Satelital de Area Amplia (*Satellite Wide Area Network - SWAN*)
 - 3.4.1 Introducción
 - 3.4.2 Arquitectura de Una SWAN
 - 3.4.3 Aplicaciones de la SWAN
- 3.5 Estandarización ISDN para VSATs
 - 3.5.1 TSATs que Sirven como Red de Transporte para las ISDN
 - 3.5.2 VSATs que Eliminan el Uso de Redes de Transporte
 - 3.5.3 VSATs que Permiten Comunicación Extremo a Extremo a Servicios ISDN, mediante ADSATs
- 3.6 VSAT Para Aplicaciones Móviles (MSAT)
- 3.7 Satélites Avanzados y VSATs
- 3.8 Conceptos de Satélites Avanzados Para la Futura Generación de Redes VSAT
 - 3.8.1 Introducción
 - 3.8.2 Tecnologías de la Siguiete Generación

- Antenas de Haces Múltiples
- Comutación a Nivel de FI y Banda Base
- Sistemas FDM/TDMA
- Demoduladores Masivos
- 3.8.3 Satélite de Comunicaciones de Tecnología Avanzada de la NASA (*Advanced Communications Technology Satellite - ACTS*)
- 3.8.4 Revisión del Ambito Comercial
 - Antenas de Haces Múltiples Direccionables por Frecuencia
 - Acceso FDMA
 - Enrutado Estático a Bordo

CAPITULO 4: TENDENCIAS DE DISEÑO PARA REDES VSAT MULTIMEDIA

39

- 4.1 Características de Una Red VSAT
 - 4.1.1 Introducción
 - 4.1.2 Características Claves
- 4.2 Red de Datos NEXTAR (NEC Co.)
 - 4.2.1 Método AA/TDMA Avanzado
 - Operación en Modo de Acceso Aleatorio
 - Operación en Modo de Reservación
 - Operación en Modo de Pre-Reservación
 - Operación en Modo de Asignación Permanente
 - Asignación del Canal Satelital
 - 4.2.2 Protocolos de la Red de Datos
 - Arquitectura de la Red
 - Formato del Paquete Satelital
 - Control de Errores
 - Control de Flujo
 - 4.2.3 Ventajas Operativas del Diseño TDMA
- 4.3 Red DAMA de Voz NEXTAR (NEC Co.)
 - 4.3.1 Método de Acceso SCPC-DAMA
 - Topología de la Red de Voz
 - Método de Acceso DAMA
 - Direcciones de los Nodos (Abonados)
 - Sistema de Administración
- 4.4 Red SCPC *Clear Channel* NEXTAR (NEC Co.) Para Aplicaciones de Videoconferencia

CAPITULO 5. ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE BASADO EN LA TECNOLOGIA VSAT

70

- 5.1 Introducción
- 5.2 Arquitectura del Sistema
 - 5.2.1 Diseño del Enlace
 - 5.2.2 Antena Receptora del Satélite
 - 5.2.3 Demoduladores Masivos
 - 5.2.4 Sección Receptora/Demultiplexora
 - 5.2.5 Antena Transmisora del Satélite
 - 5.2.6 Multiplexor de Banda Base
 - 5.2.7 Potencia, Peso y Costo del Satélite
 - 5.2.8 Diseño y Costo de la Terminal del Usuario
 - 5.2.9 Cargo Para el Abonado
 - 5.2.10 Sistema en Banda Ku

CAPITULO 6 OPTIMIZACION DEL DESEMPEÑO DE LAS REDES VSAT PARA MODOS DE OPERACION ESTABLE Y DINAMICO

97

- 6.1 Introducción
- 6.2 El Modelo de Simulación
- 6.3 Ejemplos de Evaluación del Desempeño
- 6.4 Metodología de Diseño Para la Optimización Simultánea del Desempeño en Estado Estable y
 - 6.4.1 Canales No Adaptivos
 - 6.4.2 Canales Adaptivos con *Backoff* de Retransmisión (Control de Flujo)

CAPITULO 7 MULTIMEDIA EN REDES VSAT

115

- 7.1 Introducción
- 7.2 Tecnología y Aplicaciones de las VSAT's
- 7.3 Mercado de la Fibra Optica
 - 7.3.1 Interconexiones con Fibra Optica
 - 7.3.2 Antecedente del
 - 7.3.3 Multiplexores T1
 - 7.3.4 Temporización de la Red

■ Contenido

7.4 Conmutación

7.4.1 Conmutación de Circuitos Telefónicos

7.4.2 Conmutación de Paquetes

7.4.3 Conmutación Digital de Conexión Cruzada

7.5 Otras Tecnologías

7.5.1 Descripción de la ISDN

**CAPITULO 8 CRITERIO DE DISEÑO DE REDES
EMPLEANDO LA TECNOLOGIA VSAT**

131

8.1

8.2 Los Factores de Costo Básicos

8.2.1 Segmento Terrestre

8.2.2 Segmento Espacial

8.3 Características Lógicas de la Red

8.4 Nivel del Protocolo del Usuario

8.5 Un Ejemplo Típico

**CAPITULO 9 DISEÑO DE UNA RED VSAT PARA
LA TRANSMISION DE MULTIMEDIA:
CASO PRACTICO**

139

9.1 Introducción

9.2 Descripción de la Red Propuesta

9.2.1 Equipo de Radio Frecuencia (RF)

9.2.2 Equipo de Banda Base (BB)

Sección de Datos

Sección de Voz

Sección de Video

9.3 Análisis de Tráfico Para Consideraciones de Diseño

9.3.1 Análisis Para Datos

9.3.2 Análisis Para Voz

9.3.3 Consideraciones Para Video

9.4 Condiciones de Interfaz

9.5 Costo Aproximado de la Implementación

9.5.1 Fase I

Equipo Para la Estación Maestra

Equipo Para las Estaciones Remotas

Servicios

Equipo Opcional (Refacciones)

9.5.2 Fase II
 Equipo Para las Estaciones Remotas
 Servicio
 Equipo Opcional (Refacciones)

9.5.3 Fase III
 Equipo Para las Estaciones Remotas
 Servicios
 Equipo Opcional (Refacciones)

CONCLUSIONES	165
APENDICE A Glosario de términos	173
APENDICE B Características técnicas del equipo utilizado en el caso práctico del Capítulo 9	189
REFERENCIAS	226

CAPITULO I

Introducción

1.1 Presentación

En las últimas décadas, se ha observado un desarrollo acelerado de los recursos utilizados en el proceso de información, y de manera paralela se han desarrollado también los métodos de comunicación de dicha información. Lo anterior forma parte de una revolución tecnológica la cual puede ser enfocada como un nuevo campo de estudio cuyo fulcro es la informática. La importancia del tratamiento de temas informáticos así como su aplicación, dentro de una sociedad de producción, radica en una visión utilitaria de los recursos que puedan formarse y aprovecharse en el proceso y acceso de la información, es decir que la optimización del uso de los recursos informáticos y de comunicación, tendrá como consecuencia, una influencia positiva en el índice de producción de la sociedad.

De acuerdo a lo anterior debemos notar que una parte bien importante de la informática, es el tema de la comunicación de información, porque mientras más eficiente y rápida sea la comunicación de datos, se tendrá un índice mayor de producción, ya que se reduce el tiempo de transacción, que se refleja como tiempo muerto u "ocioso" al usuario. Es por esto que quiero presentar una breve introducción que sirva como preámbulo a la descripción y estudio acerca del diseño de una red satelital de medios múltiples, concepto que de aquí en adelante le llamaremos *multimedia* (tecnicismo que proviene del idioma inglés - consultar el apéndice A).

1.2 Definición del Problema

El punto central que trata este trabajo de tesis es el problema de la comunicación de datos, voz y video con un alcance nacional, el cual es un asunto común para todos los usuarios de tipo corporativo en México, mismos que están en posibilidades de implementar una red privada de comunicaciones. Este trabajo propone una solución práctica a un problema común, mediante el estudio de la tecnología VSAT así como de algunos tópicos conexos, llegando a una propuesta técnica completamente realizable que cumple con las características requeridas en los actuales concursos de licitación hechos por usuarios potenciales.

Además del problema de comunicación mencionado, la solución propuesta resuelve una situación colateral que en los últimos tiempos se ha incrementado, y consiste en el hecho del trato por parte del usuario con múltiples proveedores de equipos (fabricantes) y servicios (redes de transporte como TELMEX, TELEPAC, IMPSAT y recientemente las de origen norteamericano UNICOM y AVANTEL) lo cual arrastra situaciones de grandes pérdidas económicas al tratar de solventar deficiencias técnicas para que los equipos involucrados en una red rentada sean cien por ciento compatibles.

En resumen el objetivo de este trabajo es estudiar la tecnología VSAT como alternativa para la solución del problema de transmisión de *multimedia* y presentar una propuesta técnica así como el método para desarrollarla, que sea desde los puntos de vista tecnológico y financiero viable para concursar en el mercado actual de telecomunicaciones de México.

1.3 Método a Utilizar

Las redes satelitales han pasado por varias fases de evolución en la última década, privadas y públicas, datos, voz y video. En el primer caso, los cambios en la manera de "hacer redes" (*internetworking*) han revolucionado los conceptos de redes locales, redes de área amplia, redes metropolitanas, etcétera debido a que estas clasificaciones tomaban en cuenta el área de cobertura, la cual a través del medio satelital hace que esto sea un parámetro completamente secundario. Así, podemos encontrar que varios segmentos de redes locales se pueden intercomunicar a través de un "super nodo" (*LAN to Satellite gateway*) [11] formando una LAN de área extendida, que anteriormente llamábamos WAN. Sin embargo, para niveles prácticos se sigue utilizando la terminología tradicional, es decir en realidad la evolución de los tecnicismos ha tenido lugar más bien en el terreno práctico, más que en el campo de la teoría.

Esta revolución tecnológica y del lenguaje ha alcanzado también a la clasificación de las redes de acuerdo a su topología, aunque en este caso es más evidente desde el punto de vista teórico y casi velado desde un punto de vista pragmático. En este caso se trata de una mezcla de configuraciones de nodos y métodos de acceso así como sistemas de administración, en otras palabras la complejidad de las redes satelitales *multimedia*, es tal que ahora existe una topología para los canales de administración de la misma y otra para la transmisión de las señales de información (datos, voz o video) que puede ser del mismo tipo como en el caso de una red SCPC de canal transparente, o una topología completamente distinta como en el caso de la red NEXTAR DAMA VOICE de NEC, en la que la red de comunicación de voz puede tener una configuración en malla, y los canales de administración tienen una configuración en estrella.

Estos aspectos son precisamente los que han conferido a las redes *multimedia* un atractivo a los usuarios de tipo corporativo que se sienten cada vez más atraídos hacia redes de este

tipo ya sea privadas o a través de proveedores de redes de transporte -telepuertos o carriers- (36) (en México ejemplos de redes de transporte son TELMEX, IMPSAT o Infratel y recientemente para servicios de larga distancia encontramos a UNICOM-*Sprint* y AVANTEL-MCI), por la facilidad inherente a la instalación de cada nodo y ampliación de la misma así como la flexibilidad de la red misma. Particularmente en el caso de países en vías de desarrollo como México, las redes satelitales han sido más que bienvenidas debido a las características de infraestructura de comunicaciones desde el punto de vista de la geografía política, ya que las diferencias entre los diferentes estados o territorios de la nación son abismales, o sea la infraestructura de comunicaciones en las ciudades importantes son aceptables o por lo menos básicas para el establecimiento de rutas de comunicación *multimedia* terrestre, sin embargo en el resto de la ciudades esta infraestructura es casi nula y hablando de las zonas rurales el problema se agudiza al grado de carecer de los servicios básicos (energía eléctrica, agua potable, etc.).

A lo largo de este trabajo de tesis, analizaremos los aspectos anteriores, mismos que son determinantes para el diseño e implementación de una red satelital, enfocando en todo momento los aspectos técnicos relevantes, culminando con un caso práctico de diseño e implementación de una red VSAT *multimedia*. El método seleccionado es consecuencia de una constante en todos los usuarios reales que desean implementar una red privada para la transmisión de *multimedia* en este caso via satélite, y es el hecho que siempre se parte de una infraestructura de comunicaciones ya existente, por lo tanto se tienen a la mano perfiles típicos de tráfico de información (datos, voz y video) en función de sus aplicaciones (interactivo o masivo en caso de los datos y punto a punto o difusión -*broadcast*- en el caso del video), mismos que se pueden manipular a través de herramientas estadísticas para dictar las líneas del diseño de la red satelital.

1.3.1 Desarrollo del Trabajo

Para desarrollar este método partimos planteando una base teórica en el capítulo 3, en seguida revisamos las tendencias de aplicación de esta tecnología en el capítulo 4. En los capítulos 5 y 6 revisamos elementos más prácticos (tangibles) de la arquitectura así como del desempeño de una red via satélite como medio de transporte. Finalmente aprovechando los conceptos estudiados, los capítulos 7 y 8 sirven como preámbulo para la aplicación del método mencionado, el cual es explicado profusamente en el capítulo 9 ya que a parte de aplicar la metodología, se presentan resultados concretos realizando comentarios oportunos a propósito de éstos mismos. Como corolario a este trabajo presento las conclusiones del trabajo completo resaltando aspectos concretos alrededor de la información estudiada así como de los resultados obtenidos.

Con respecto a la manera en que se desarrollan los primeros cinco capítulos, es pertinente aclarar que no se trata de un estudio profundo para cada tema específico, ya que los puntos cubiertos son muy extensos, los cuales podrían constituir por sí solos, un tema de tesis profesional, más bien se pretende estructurar un trabajo que sirva como marco teórico para el estudio y desarrollo de los siguientes capítulos que finalizan con el análisis del caso

4 Estudio de la tecnología VBAT para el diseño de una red multimedia

práctico además de servir como guía para un posterior estudio e indagación de esta tecnología dinámica, por parte de las próximas generaciones de estudiantes de ingeniería en telecomunicaciones y carreras a fines.

Finalmente es necesario decir que durante el desarrollo de cada tema encontraremos constantemente terminología de la jerga de comunicaciones (tecnicismos) para los cuales en la mayoría de los casos no existe una traducción directa al castellano o en el mejor de los casos no denota exactamente el concepto, por lo que en ocasiones se utiliza letra cursiva para vocablos de origen inglés o siglas en mayúsculas (no cursivas), mismos que se pueden consultar en el glosario (apéndice A) además de otros términos (en castellano) relacionados con las redes *multimedia* y *via satélite* no muy comunes.

CAPITULO 2

Fundamentos de redes

2.1 Conceptos

Los sistemas de comunicación de datos son todos aquellos sistemas informáticos cuyos procesadores y terminales no coinciden en situación geográfica y la información fluye entre ellos a través de algún sistema de telecomunicación. Existe un punto de vista, desde el cual, la comunicación de datos se considera un aspecto básico de la arquitectura de sistemas informáticos, y hay otro punto de vista para el cual son sólo los equipos lógicos (*software*) o recursos adicionales a añadir cuando se determina la necesidad de contratar servicios públicos de telecomunicación (TELEPAC, TELMEX, AVANTEL, etc.) intermedios entre procesadores o entre procesadores y terminales. Para este último punto de vista, la diferencia entre la interconexión local y la externa está en las restricciones y normalizaciones impuestas por los servicios públicos [2].

2.2 Servicios

Los objetivos que pretende una entidad cuando decide comunicar recursos informáticos distantes, se pueden ver como objetivos empresariales convencionales: organizativos (coordinación, consolidación de información, unificar métodos y procedimientos, aumentar capacidad de expansión, centralización de datos y decisiones, distribución de responsabilidades con información consolidada, etc.); económicos (ahorro de equipos), y de servicio (nuevas prestaciones a clientes, acceso a procesadores, mayor rapidez en transacciones, más disponibilidad, comodidad, etc.). La razón funcional se convierte al analizarla en unas características más técnicas del tipo: tiempo de respuesta, número de transacciones o mensajes por unidad de tiempo, disponibilidad, calidad, integridad o seguridad, etc., que determinan la validez de una solución técnica.

De todos estos factores, el más importante es, el tipo de servicio en su aspecto, cantidad de información contra urgencia. Aparecen los servicios clásicos de: proceso remoto en lote (*batch*), proceso remoto interactivo, sistemas transaccionales sobre bases de datos, sistemas de entrada de datos, y sistemas de control de procesos, junto a otros servicios más recientes como el de correo electrónico, bases de datos de acceso público, servicios de información y banca doméstica.

Las redes de comunicación de datos se diseñan e instalan básicamente para dar uno de estos servicios o en ocasiones varios de manera simultánea.

2.3 Redes Públicas

El soporte básico de la comunicación de datos son las redes públicas de telecomunicación y, en especial, la red telefónica. Estos recursos han funcionado bien en países cuyo desarrollo económico político y social, les permite manejar una infraestructura de telecomunicaciones (básicamente la red telefónica), con características de operación eficientes (o sea países del primer mundo). Lo anterior no es el caso de México, cuyas líneas telefónicas no cumplen con ciertos estándares, para que se pueda considerar como una alternativa viable el uso de la red telefónica o la red pública TELEPAC, como soporte o columna vertebral de un sistema de comunicaciones, para usuarios cuyas necesidades de comunicación presentan como requerimiento básico, la disponibilidad. Aquí estamos hablando de usuarios que son básicamente bancos y casas de bolsa cuyos servicios al público, que tienen un carácter indiscutiblemente financiero, se presentan como productos para los que el nivel de competitividad lo dicta el tiempo de respuesta así como la disponibilidad de ciertas facilidades provenientes de ciertos servicios electrónicos, lo cual hace inadmisibles la renta de un servicio con índices de disponibilidad muy baja para largas distancias, a lo largo y ancho del país (es decir comunicación de las sucursales del interior con la casa matriz en la capital del estado como Monterrey y Guadalajara o en el D.F.).

Aunque usuarios de gran envergadura no consideran como una buena opción a las redes públicas (en México la red TELEPAC, o TELMEX), debe tomarse en cuenta la importancia de éstas, debido a que fueron el génesis de la organización y normas que regulan el diseño de las redes privadas.

2.4 Historia

Las primeras experiencias en el campo de la transmisión de datos, se dan en los años 40, en lo que se conoce como telegrafía, al transmitir datos de tarjetas perforadas (no existían métodos de proceso electrónicos entonces), pero en realidad la utilización sistemática, comenzó en los años 60, cuando aparecen los primeros terminales de pantalla, dispositivos de almacenamiento directo, y los primeros FEP (*Front End Processor*), que hicieron bajar el costo de un sistema de comunicación de prohibitivo a muy caro. Las aplicaciones militares en este campo, sirvieron para abrir la puerta al desarrollo de aplicaciones comerciales que propiciaron la evolución del software de comunicaciones.

Al final de la década de los 60, se dispuso de computadoras de talla física más reducida, pero de funciones y recursos más poderosos, ("minis"), que permitían su instalación en ambientes más duros y eran más manejables. Entonces comenzó a observarse otro problema que se suscitó con el desarrollo de la transmisión de información, y fue, el uso del canal de comunicación, es decir se comenzó a estudiar la posibilidad de compartir el medio de transmisión de una manera eficiente, y aparece el concepto del paquete. En 1969, con un carácter experimental, académico y con patrocinio militar, surge la idea ARPA, que agrupa intentos militares de redes inutilizadas (con tecnología de minicomputadoras), en la cual se maneja la idea básica que el mensaje muy corto (el paquete) disminuye el tamaño de los almacenamientos y por tanto el retardo medio, y una organización descentralizada. Se dio inicio, al concepto de conmutación de paquetes (*packet switching*).

La red ARPA tenía 23 nodos a principios de 1971, y más de 100 en 1977, usando exclusivamente minicomputadoras. Esta idea de red pública de transmisión de paquetes, fue bienvenida en países, como Francia, Reino Unido y Canadá, en América, el caso más conocido es el de Argentina donde se desarrollaron proyectos de redes públicas de conmutación de paquetes como EPSS, Datapac, Transpac, Datanet, ARPAC, etc.

2.5 Normalización

En el segundo lustro de los 70's y la década pasada, organismos públicos (ITU-T en ese entonces llamado CCITT; ANSI, ECMA, IEEE, ISO, BSI, y otros) trabajaron en el campo de la normalización, despertando un interés por la estructuración y racionalización de funciones de comunicaciones de datos en forma de arquitecturas estratificadas de fabricantes (SNA, DNA, DSE, DSN, BNA, etc.).

Debido al carácter monopolístico de los primeros desarrollos importantes de redes (redes públicas), se tuvo la ventaja de trabajar con equipos y tecnologías de un sólo fabricante cuya firma tenía ya más de un siglo en el mercado, normalizando servicios, sistemas y técnicas. De lo anterior se obtuvo como resultado la normalización de sus actividades en redes de datos, hechas por, el ITU-T (en ese entonces CCITT) cuyos resultados se reúnen en los tomos de la serie V que corresponden a equipos de transmisión y los de la serie X que corresponden a la organización de las redes públicas [2].

A mediados de los años 70 con la proliferación de las "minis" y la tercera generación, existían tantos modos de organización como fabricantes, presentándose una serie de equipos incompatibles que propiciaban sistemas heterogéneos aún del mismo fabricante, y sólo podían clasificarse el equipo, protocolo y software de comunicaciones, por aplicación. Entonces surge la idea de arquitecturas estratificadas, donde se aíslan funciones distintas, clasificándolas según se aproximen más a las tareas de transmisión o al usuario; se separan en niveles de tal manera que, entre dos sistemas remotos, cada función tiene su homólogo (en el mismo nivel), y de modo que los interfaces entre niveles o funciones estén

8 Estudio de la tecnología VBAT para el diseño de una red multimedia

normalizados. La red ARPA demostró la efectividad de una normalización de los interfaces.

El primer paso lo dan IBM con su SNA y DEC con su DECNET, y los demás fabricantes siguen la tendencia, con logotipos análogos. Estas arquitecturas no siempre tienen una especificación completa y no son definitivas, sino que van evolucionando de acuerdo con las innovaciones tecnológicas y estrategias del mercado.

En la última etapa, surge el modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos (heterogéneos) de la ISO, que trata de orientar la aparición de múltiples arquitecturas con una referencia negociada hacia la que puedan converger las demás.

Finalmente, en la época actual, los retos tecnológicos así como la tendencia de los diseños están orientados hacia los trabajos de interconexión de redes de área local (LANs) iniciados a principios de los 70's, con la arquitectura de cuatro capas del protocolo TCP/IP [16], a través del concepto *internet* el cual no dicta restricciones en el primer nivel de este modelo de cuatro capas (interfase de red), es decir la interconexión es completamente independiente del medio y el enlace, y solamente comienzan a cuajar las normalizaciones establecidas para los niveles dos, tres y cuatro del mismo modelo de referencia. Estas normalizaciones bastante maduras, están permitiendo la inclusión de lo que en principio fueron "aventuras tecnológicas", en el descomunal mercado de las telecomunicaciones, a través de la familia de protocolos mundialmente conocida como TCP/IP.

Los sistemas de comunicación informáticos en la actualidad, han alcanzado un nivel de estandarización tanto en la arquitectura como en equipos, que nos permite mirar hacia otros tópicos del diseño de las redes, como es el medio de transmisión (radioenlaces, líneas privadas, satélites, microondas, etc.), que es el tema central del presente estudio, es decir el diseño de una red de comunicaciones *multimedia* vía satélite.

CAPITULO 3

Conceptos de redes VSAT

3.1 Introducción

Las redes vía satélite se han utilizado tradicionalmente para servicios del tipo de radiodifusión o líneas troncales de larga distancia. Sin embargo, como respuesta a las necesidades de usuarios de negocios para acceso a servicios integrados (dedicados o multiplexados), las velocidades de transmisión han aumentado y existe un mayor control sobre los costos, ya que la industria de satélites, ha sido capaz de responder a tales requerimientos con soluciones que rebasan las expectativas, debido a la modularidad y flexibilidad características de las redes vía satélite. Las redes vía satélite, se han realizado empleando una amplia variedad de elementos modulares de red y por lo tanto han sido extremadamente flexibles y adaptables a las diferentes necesidades del usuario. Los sistemas satelitales de comunicación integran funciones de conmutación y transmisión y ofrecen enlaces de banda angosta o banda ancha, preasignados, y asignados por demanda para comunicaciones punto a punto o de difusión (*broadcast*).

Sin embargo, como las aplicaciones de usuarios de negocios, han ido en aumento y además son muy diversas, se han incrementado la necesidad de acceso múltiple, el manejo de amplios rangos dinámicos de tráfico, configuración compleja de la red, integridad de datos y seguridad. La evolución de la tecnología de Terminal Pequeña de Apertura (VSAT, *Very Small Aperture Terminal*) ha respondido grandemente a estos requerimientos.

A continuación se revisarán varios conceptos de tecnología VSAT, que pueden ser usados para soportar nuevas aplicaciones. La primera de estas aplicaciones trata sobre la posibilidad de realizar una red satelital de cobertura amplia, a la que de aquí en adelante nos referiremos como SWAN (*Satellite Wide Area Network*) basada en VSAT, que proporcione una interconexión flexible entre las redes de área local (LANs) y las redes de área metropolitana (MANs) así como también actuar como puente para el acceso a bases de datos de información centralizada y servicios de cómputo. La segunda aplicación tiene que ver con la provisión potencial de servicios compatibles con ISDN, vía VSATs, ambas en conjunto con los satélites ya existentes, así como con los futuros satélites avanzados (ADSAT [8]) que contarán con conmutación a bordo y capacidades de procesamiento. Finalmente se tratará, el uso de las VSATs, para resolver los problemas de interconexión de redes asociados con redes de comunicaciones móviles vía satélite (MSAT [41]).

3.2 Tecnologías de VSAT

Las VSATs representan generalmente un grupo de estaciones terrenas de antena pequeña, y pueden ser clasificadas dentro de las siguientes categorías basadas en el tipo de modulación, aplicación, tasa de transmisión, costo, etc. [4]

- VSAT (de espectro no extendido)
- VSAT (de espectro extendido)
- USAT (de espectro extendido)
- TSAT (Terminal pequeña de apertura T1 y sub-T1)
- TVSAT (video, audio, datos; TVRO, BTV, HDTV)

La primera categoría incluye a las VSATs de alta velocidad, interactivas bidireccionales (con diámetros de antenas de apertura, en el rango de 1.2 m a 3.6 m) que operan en la banda Ku de satélite. Estas VSATs, no usan espectro extendido, más bien utilizan modulación digital PSK, y protocolos de acceso adaptivos. La segunda categoría utiliza espectro extendido y trabaja en la banda C de satélite para proporcionar servicios de datos. Las terminales muy reducidas de apertura (USATs *Ultra Small Aperture Terminals*) (diámetros de antenas de 10 a 12 pulgadas) son quizás las estaciones de comunicaciones de datos bidireccionales, más pequeñas disponibles. Estas usan una modulación híbrida muy compleja de espectro extendido y métodos de acceso de una manera innovadora. Las estaciones USAT, fueron originalmente desarrolladas para vehículos móviles, y más tarde modificadas para aplicaciones fijas. La cuarta categoría, TSAT, es utilizada para la transmisión punto a punto (otra topología posible). Transmisión bidireccional de servicios de voz, datos e imagen, integrados, a tasas de transmisión T1 y sub-T1. Las TSATs operan sin el requerimiento de una estación terrena maestra. La última categoría de terminales de apertura pequeñas, es usada para la difusión de entretenimiento (TVRO) y Programas de Televisión de Negocios (*Business TV* - BTV). Las TVSATs, también pueden recibir señales de audio de calidad, y datos de alta velocidad. Esta tecnología puede servir también como un medio eficiente que proporcione servicios de video y de información de datos de alta velocidad. Las características principales de estas cinco categorías se presentan en la Tabla 3.1.

3.3 Servicios de Red Actuales y Aplicaciones Nuevas.

Como se mencionó antes, las VSATs se encuentran con un rango amplio de capacidades de servicio, lo que les permite, prestar servicios integrados de voz, datos y video. La selección

	VSAT	VSAT (CS)	LSAT	HSAT	TVSAT
Diámetro de la Antena (m)	1.2 - 1.8	0.8 - 1.2	0.3 - 0.8	1.2 - 3.0	1.8 - 2.4
Banda de Frecuencia	Ku	C	Ku	Ku & C	Ku & C
Tasa de Información de Outbound (Kbps)	56 - 512	9.6 - 32	2.4	56 - 1544	
Tasa de Información de Inbound (Kbps)	16 - 128	1.2 - 9.6	2.4	56 - 1544	
Acceso Múltiple (Inbound)	Aloha S - Aloha R - Aloha AA - TDMA	CDMA	CDMA	PA	
Acceso Múltiple (Outbound)	TDM	CDMA	CDMA	PA	PA
Modulación	BPSK QPSK	DS	FHDS	QPSK	FM
Trabaja en Conjunto	Con y Sin HUB	Con HUB	Con HUB	Sin HUB	Sin HUB
Soporta Protocolos	SDLC, X.25 ASYNC, BSC	SDLC, X.25	Propietario		
Operación de la Red	Compartida o Dedicada	Compartida o Dedicada	Compartida o Dedicada	Dedicada	Compartida o Dedicada

Tabla 3.1

de una tecnología apropiada puede resolver problemas de comunicación de un amplio sector de la industria y servicios: agricultura, computación, construcción, educación, finanzas, sector gubernamental, manufacturas, servicios médicos, investigación, transporte, etc. La Tabla 3.2, presenta un sumario de los servicios de red VSAT existentes así como algunas aplicaciones típicas.

3.4 Red Satelital de Area Amplia (Satellite Wide Area Network SWAN)

3.4.1 Introducción

La formación de redes de cobertura amplia (WAN), mediante la interconexión de LANs y MANs proporcionará a usuarios finales basados en LANs de un potencial considerable de comunicación, computación y proceso de información. La necesidad y el valor de tales redes, se incrementará de manera proporcional al incremento de la disponibilidad de los recursos de cómputo y fuentes de información.

SERVICIOS	APLICACIONES
A) Difusión y Servicios de Distribución	
Datos	Bases de Datos, Inventarios, Comodidades, Listas de Precios, Control de Almacenes y Ventas por Mayorero
Imágenes	Fax
Audio	Noticiero, Anuncios y Control de Tráfico Aéreo
Video	
a) TVRO	Recepción de Programas de Entretenimiento
b) Televisión de Negocios (E Educación, Capacitación y Servicios de Entrega de Información)	
B) Servicios de Colocación y Monitoreo	
Datos	Refinerías y Meteorológico
Imágenes	Diagramas
Video	Imágenes de Supervisión Alimentos Comprimidos
C) Servicios Interactivos Bidireccionales (Estrella)	
Datos	Autorización de Tarjetas de Crédito, Transacciones Financieras, Puntos de Venta, Servicios de Bases de Datos, CAD/CAM, Reservaciones, Bibliotecas, etc.
D) Servicios Interactivos Bidireccionales (Punto a Punto)	
Datos	CPU a CPU, DTE a CPU, Interconexión de LANs, Correo Elec.
Voz	Voz en Rutas Estrechadas y Voz Para Emergencias
Video	Teleconferencia con Video Comprimido

Tabla 3.2

La necesidad de comunicación para áreas amplias continuará creciendo de acuerdo al incremento de las facilidades de cómputo y las bases de datos públicas y privadas. Los medios de interconexión para LANs basados en canales terrestres, se caracterizan por presentar varios problemas: nula flexibilidad en la configuración de la red, inexistencia de adaptabilidad para el cambio de tráfico, restricciones de velocidad, imposibilidad de coexistencia de protocolos múltiples, altos costos, retraso en los servicios, cobertura reducida, configuración para crecimiento, etc. Los análisis de las aplicaciones de redes LANs, indican que la longitud del mensaje, la actividad de la terminal y las tasas de velocidad de datos de los usuarios de las terminales, varían en diversos órdenes de magnitud y en consecuencia el tráfico "inter-LAN" variará en órdenes que se mantendrán en un rango aún más amplio. De aquí que una posibilidad de interconexión entre redes para aprovechar dinámicamente los recursos de transmisión en respuesta al tráfico instantáneo generado se convierte en un requerimiento crítico, tanto para reducir costos, como para alcanzar los requerimientos de desempeño, particularmente atacar el problema de el retardo ("delay"). Una reducción en escala amplia en el costo de las comunicaciones y un acceso amplio a las facilidades de la red son dos requerimientos vitales para la promoción y la difusión del uso de servicios de información.

La opción del uso de la tecnología de satélite, es una situación casi "natural", para una red de cobertura amplia (WAN) flexible, la cual se denomina SWAN. Entre otros beneficios

una SWAN, podrá ofrecer una cobertura amplia, alta flexibilidad en la configuración de la red, adaptabilidad de tráfico, y una economía en general. Las opciones terrestres existentes, no soportan aprovechamiento dinámico de la capacidad de transmisión, basado en el tráfico instantáneo. Este es un importante requerimiento para minimizar el costo de utilización y mejorar la utilidad de la red. El acceso por ancho de banda adaptivo al tráfico y la flexibilidad en la configuración de la red, son características asociadas con las VSATs que las hacen muy atractivas para un amplio rango de aplicaciones de interconexiones de LANs.

3.4.2 Arquitectura de una SWAN

Una SWAN puede ser vista como una red de cobertura amplia de alta velocidad que actúa como la columna vertebral de comunicaciones de una entidad, capaz de proporcionar un acceso a la facilidad de un ancho de banda variable, y a la interconexión de LANs y MANs remotas. Sin embargo una SWAN no es exactamente una WAN que actúe como una columna vertebral. Es más bien una red con una arquitectura extremadamente flexible realizada mediante la combinación de características únicas de los satélites en general, y en particular de la tecnología de VSATs. Algunas VSATs de alta velocidad tienen la facilidad de aprovechar dinámicamente el ancho de banda (como el sistema BOD -Bandwidth On Demand- de NEC Co.) para usuarios basados en el tipo del tráfico de entrada. Más aún, el usuario tiene la posibilidad de escoger la topología de la red (por ejemplo, punto a punto, estrella o malla), para su WAN, minimizando o incluso sin costo alguno.

La SWAN, con sus diferentes opciones deberá ser capaz de soportar las siguientes topologías:

- Configuración Punto a punto
 - Interconexión LAN a LAN
 - Acceso LAN a MAN
 - Acceso LAN a *Mainframes* remotos
- Configuración Estrella
 - LAN a Centro de Base de Datos de Información (*Information Database center - IDC*)
 - LAN a un Centro de Supercomputadora (*Super Computer Center - SCC*)
 - LAN a una MAN
- Configuración en Malla
 - LAN a LAN
 - LAN a MAN

La solución específica a la interconexión se logra mediante la opción por la tecnología apropiada para configurar de manera atinada la topología en cuestión, velocidad , etc. Sin

embargo, los usuarios o proveedores de servicios con requerimientos de topologías con interconexiones complejas, necesitan desarrollar arquitecturas muy flexibles para una SWAN. Una posible arquitectura de SWAN, sobrepuesta a una arquitectura de VSATs ya existente, con configuración en estrella, se muestra en la Figura 3.1. En muchas ocasiones las conexiones remota a remota, se pueden establecer a través de un conmutador en la estación maestra (HUB).

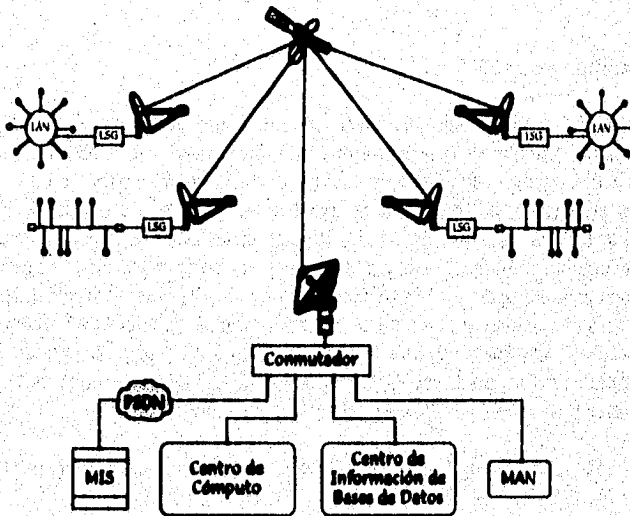


Figura 3.1 Arquitectura de una red SWAN

La interconexión punto a punto entre LANs similares se puede establecer vía satélite, usando los puentes (*bridges*) existentes y un enlace de satélite con tasa baja de BER (*Bit Error Rate*). Sin embargo pueden llegar a necesitarse puentes más flexibles y *Gateways* de LAN a satélite (*LAN to Satellite Gateways - LSGs*) [41], para cumplir con los requerimientos de la interconexión de la red. Es también necesario que los puentes y *gateways* usados en conjunto con la SWAN estén diseñados para optimar el rendimiento y los requerimientos de protocolo tanto para las LAN como para las redes satelitales (VSAT), tal como las facilidades ofrecidas por la última generación de arquitectura de redes VSAT, de la marca NEC Co. (de Japón), denominada NEXTAR IV. En resumen, los LSGs eficientes y versátiles, son fundamentales para una SWAN.

3.4.3 Aplicaciones de las SWAN

Una SWAN se ve como una arquitectura separada, quizás traslapándose sobre una red de VSATs, sumando flexibilidad a ésta y valor a sus servicios. Con tal arquitectura flexible, una SWAN completamente desarrollada puede servir como columna vertebral para una interconexión de LANs, la cual ofrecerá un rango amplio de servicios de información, comunicación y servicios de cómputo para usuarios basados en LANs.

Estos incluyen:

- Servicios de cobertura de área amplia
 - Correo electrónico, Texto, Datos, Fax, etc.
- Servicios de cómputo de área remota
 - Entradas a trabajos, remotas de tiempo compartido
- Servicios de información de área remota
 - Acceso a bases de datos corporativas, acceso a bases de datos públicas y privadas, acceso a MANs.
 - Servicios de manufactura de área remota
 - CAD/CAM, control de procesos químicos, etc.
 - Monitoreo remoto y otros servicios.

Como se puede ver la mayoría de estas aplicaciones, están soportadas por las actuales LANs. Estas aplicaciones actualmente utilizan aplicaciones de *software* propias, y es necesario que los protocolos de las SWANs sean transparentes a estas aplicaciones.

3.5 Estandarización ISDN Para VSATs

La oferta de servicios integrados, librando redes locales restrictivas, y el control de costos por parte del usuario, son algunas de las características claves de las redes VSATs. Mientras que las primeras ISDNs (*Integrated Services Digital Networks*) solamente proporcionaban servicios de banda angosta, las VSATs basadas en satélites, están proporcionando actualmente acceso integrado y capacidad de transmisión para banda angosta así como también algunos servicios de banda ancha. Aunque existen algunas VSATs que ofrecen servicios de ISDN que cumplen o exceden los requerimientos de desempeño del ITU-T, antiguamente llamado CCITT, éstas no cumplen todavía con los estándares de señalización e interface de terminales (ISTI) del mismo ITU-T especificados para ISDN. La necesidad y la posibilidad de estandarización del ISTI para VSATs será

propiciada por la disponibilidad en el mercado, y uso en gran escala de *workstations multimedia* compatibles con ISDN. Esta estandarización se está llevando a cabo actualmente y durante lo que resta de la década de los 90s.

Las ISDNs se pueden dividir en tres grupos principales [36]

- Red de localidades o sitios que pertenecen al usuario, la cual consiste en una variedad de equipo terminal.
- Red de acceso local
- Red de transporte, que consiste típicamente de un número de nodos de conmutación (*switching nodes*) y redes de transmisión.

Las VSATs pueden ser utilizadas para librar los últimos dos segmentos. Algunas configuraciones posibles, son las que se revisarán en seguida.

3.5.1 TSATs que Sirven Como Red de Transporte para las ISDN

La Figura 3.2 muestra dos casos donde las TSATs (o estaciones de muy alta capacidad) se utilizan como red de transporte. El primer caso, representa una posible evolución de una configuración donde una oficina central tiene tanto usuarios del sistema telefónico viejo (o clásico) o sea no son usuarios de la ISDN, y usuarios con acceso básico a la ISDN, los cuales quizás son gente de negocios o innovadores. Al extender los servicios de las ISDNs a las ciudades antes que la red de transporte se cambie completamente a una ISDN, ayudará a las compañías telefónicas a realizar una inversión gradual y una tasa razonable de política de retorno de acuerdo con el índice de penetración en el mercado. Tal estrategia podrá ayudar a las compañías telefónicas a proporcionar servicios ISDN de cobertura amplia en un periodo corto y a un costo relativamente bajo (que fue el caso de la red superpuesta de TELMEX). En el momento en que las facilidades de transporte terrestre sean desplegadas y mejoradas para enlazar estos nodos, las facilidades satelitales existentes, podrán ser utilizadas como respaldo para mejorar la disponibilidad de la red y como facilidad de ruta alterna para manejar un tráfico desbordante entre nodos congestionados, mejorando, por lo tanto el grado de servicio y la economización de la red completa. Por el momento las redes satelitales de este tipo en México no se consideran elementos de respaldo en el escenario de las telecomunicaciones (redes públicas y privadas) para la totalidad de los enlaces (a excepción de las estaciones en Monterrey, Guadalajara y León), sino que más bien son la ruta primaria del tránsito de voz y datos, y por el contrario, se consideran como rutas alternas las redes terrestres.

En el segundo caso de la Figura 3.2, las TSATs se utilizan para enlazar dos PABXs tipo ISDN. Aquí se espera que los usuarios de negocios sean los innovadores en el despliegue y uso de las *workstations* de servicios integrados como su lugar de trabajo. Como resultado, se tendrá que librar una evolución más rápida de las ISDNs privadas que de las redes

públicas. En este caso las TSATs jugarán un papel muy importante, al ofrecer servicios privados de tipo ISDN. Estaciones terrenas más grandes podrán ser usadas de una manera similar para manejar tráfico internacional.

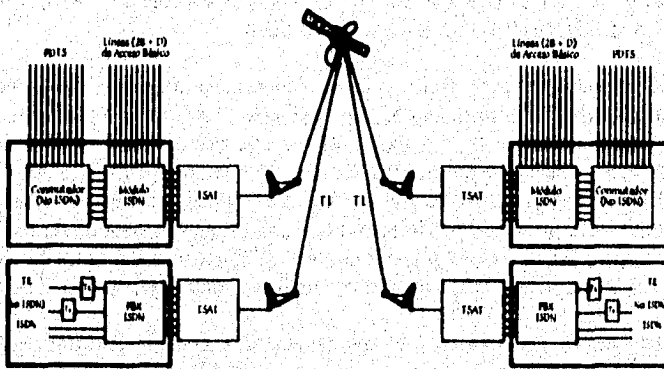


Figura 3.2 TSATs utilizadas como red de transporte en un ambiente ISDN

3.5.2 VSATs que Eliminan el Uso de Redes de Transporte

Las VSATs localizadas en los sitios de concentración de información del usuario (plazas o sucursales) pueden proporcionar funciones tanto de redes locales como de redes de transporte y soportar servicios de acceso básico y de acceso primario. Es posible modificar ciertas tasas de transmisión y protocolos de comunicación de VSATs existentes para soportar la mayoría de los servicios proporcionados por una red ISDN, y acceder a una red ISDN estándar (de acuerdo al ITU-T), a través de una estación terrena que funcione como *gateway*, realizando la conversión apropiada de la señalización. Las VSATs, TSATs y estaciones maestras, pueden fácilmente alcanzar e incluso rebasar el rendimiento de error del canal requerido por una ISDN.

3.5.3 VSATs que Permiten Comunicación Extremo a Extremo o Servicios ISDN, mediante ADSATs

Esto es posible, y de hecho varias compañías están desarrollando estaciones terrenas para sitios o premisas del usuario (sucursales), que ofrezcan servicios de usuario a usuario multidestino, utilizando estaciones terrenas y tecnologías satelitales existentes. Sin embargo, los ADSATs [12] ofrecerán ventajas económicas y técnicas significativas sobre los satélites existentes, en el terreno de los servicios ISDN.

La Figura 3.3 es una ilustración sencilla de la equivalencia de redes satelitales y terrestres que ofrecen servicios ISDN a una tasa básica. Supongamos que todos los usuarios tienen capacidad de acceso básico. El usuario A origina una llamada de Voz al usuario B utilizando la parte de señalización del canal D, D(s). Una vez que la llamada está lista, la conversación se realiza a través del canal B1. Mientras esto está sucediendo, el usuario A pide una transferencia de datos/texto/imagen desde una fuente C. Continuando con el uso de los canales B1 y B2, el usuario A puede también señalizar y recibir datos de paquetes D(p) desde una base de datos (DB) o realizar telemetría de datos desde su casa, D(t).

Un grupo de VSATs que trabaja en conjunto con una estación terrestre central de administración de la red (*Network Management Station - NMS*), y un satélite multi-haz con un conmutador de abordo puede realizar todas las funciones descritas arriba, librando la ISDN terrestre por completo. Por ejemplo, en una posible configuración, las VSATs pueden tener la capacidad de transmisión de portadoras SCPC (*Single Carrier Per Channel*) múltiples asignadas por demanda. Abordo del satélite, las portadoras SCPC son conmutadas y enrutadas a las estaciones terrenas destino a través de haces satelitales apropiados. Existen otras arquitecturas posibles, dependiendo de tipo de conmutador en el satélite, configuración de los haces, etc. Una arquitectura de redes VSAT, que permite trabajar en este modo, es la red NEXTAR IV y BOD, que ya hemos mencionado, cuyo fabricante es la compañía NEC.

De acuerdo al desarrollo de las estaciones terrenas y las tecnologías satelitales, se podrá contar con VSATs y TSATs más económicas y poderosas (que superarán los requerimientos especificados por los estándares de las ISDNs), las cuales soportarán un rango amplio de servicios ISDN. Estos incluyen:

- Acceso Básico. Tasa básica, tasa primaria, y capacidad de combinación apropiada de canales B y D.
- Servicio de Transporte. Capacidad de truncamiento entre nodos de conmutación. Difusión de video, audio y datos a estaciones autorizadas y afiliadas.

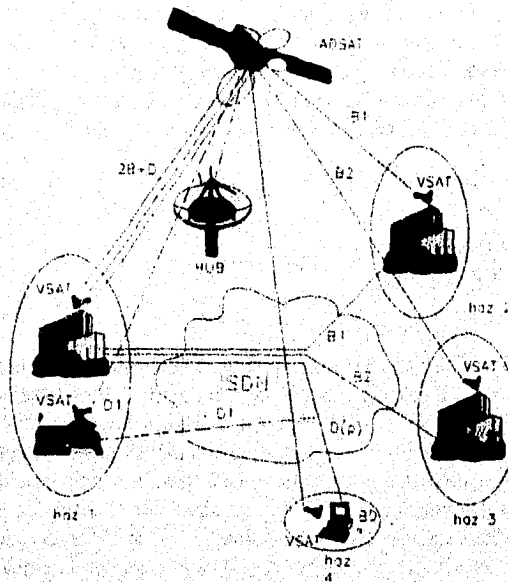


Figura 3.3 ISDN basada en una red VSAT comparada con una ISDN terrestre

- **Servicio Conmutado:** Servicios de circuitos terrestres y conmutación de paquetes; servicios de conmutación terrestre y abordaje del satélite.
- **Servicios Extremo a Extremo (End to End):** Servicios de VSAT a VSAT utilizando procesamiento del satélite.
- **Servicios de Banda ancha para Video (Broadband/Video):** Recepción directa; servicios de alimentación a terminales de cable coaxial y ópticos; video y programas de audio sobre demanda.
- **Servicios de Redes ISDN Privadas.** Interconexión (Networking) de PABXs; servicios especiales de banda ancha (broadband) que requieren poca o ninguna capacidad de acceso a redes públicas.
- **Servicios de Respaldo:** Inicialmente, una facilidad de satélite puede servir como un catalizador para extender los servicios de una ISDN a ciudades distantes en localidades remotas, mejorando por lo tanto, la velocidad de despliegue de la ISDN; más tarde estas facilidades, podrán servir como respaldo en la mayoría de las áreas mencionadas arriba, para mejorar la

disponibilidad de la red bajo fallas o situaciones catastróficas; mejorando el grado de servicio cuando se usa como facilidades de ruta opcional de transporte de tráfico entre nodos con problemas de control de flujo y congestión durante periodos pico. Por supuesto estos servicios de respaldo en los países en vías de desarrollo, como el nuestro, son, como ya mencionamos, más bien servicios principales, a menos que se trate de ciudades principales.

3.6 VSAT Para Aplicaciones Móviles (MSAT)

Una red MSAT (*Mobile Satellite*) [36] típica involucra la comunicación entre elementos móviles y operadores de vehículos (normalmente Centros de Administración de la Flota (*Fleet Management Center* - FMC) y entre los operadores de vehículos y sus clientes. Estos enlaces se pueden establecer a través de redes completamente satelitales, o una combinación de redes satelitales y terrestres. Una red de comunicaciones móviles completamente establecida utilizará un MSAT para establecer el enlace de comunicación del operador de vehículos y un enlace a través de una VSAT basada en un satélite fijo para comunicar al elemento móvil con la sucursal del cliente (compañías de embarque, bancos, moteles, restaurantes, etc.). La VSAT maestra se puede colocar junto con la estación maestra o estación *Gateway* del MSAT y la sucursal del operador, cada una equipada con una VSAT. En la Figura 3.4 se muestra una configuración de red MSAT simplificada, *extremo a extremo (end to end)*, incorporando VSATs de paso. Actualmente, en México se está llevando a cabo la implementación de una red de este tipo, basado en equipo terrestre de la marca Motorola, y VSATs NEC mediante la banda Ku, a través de la estación Maestra (HUB) de la red satelital de TELMEX, este proyecto se denomina Buscatel, y forma parte de las nuevas aplicaciones a que está dando lugar la expansión de servicios generada a partir de la segunda generación de satélites mexicanos (SSS - Sistema Solidaridad de Satélites).

La topología de una red MSAT multienlace para una aplicación móvil típica, como la industria del transporte basada en tractocamiones, se puede apreciar en la Figura 3.5. En el caso de transportes públicos de mediana y gran envergadura, normalmente una FMC controla las operaciones de distribución y enrutamiento de la carga. El FMC se enlazará con la estación maestra del MSAT. Existe otro nivel de comunicación entre los embarcadores (*Shippers S1, S2, S3, . . . Sn*) y el FMC. Los embarcadores pueden escoger entre uno o más transportistas dependiendo del tipo de carga, destino, costo etc. Además los prestadores de servicios (gasolineras, moteles, bancos, etc.) y elementos de seguridad y control (ambulancias, policía de caminos, etc.) se comunicarán con los FMCs o vehículos a través de FMCs apropiados. Otro nivel de comunicación tiene lugar entre los FMCs y sus oficinas de sucursales corporativas (*CBO Corporate Branch Offices CBO1, CBO2, . . . CBO_n*).

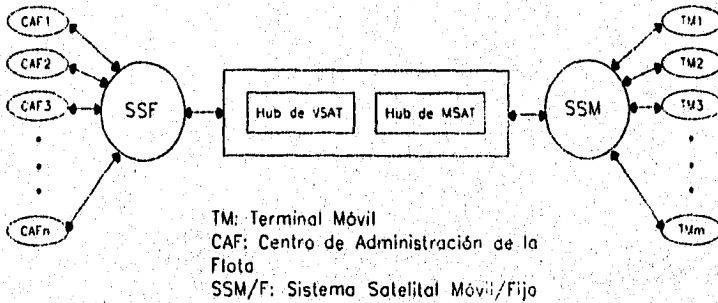


Figura 3.4 Red VSAT superpuesta a una red MSAT

Como se puede ver en la Figura 3.5, existe todavía otro nivel de comunicación, que tiene lugar cuando los elementos móviles deducen información de posición desde los sistemas auxiliares como el Loran C, Satélite de Posición Global (*Global Positioning Satellite - GPS*), etc. A los enlaces de comunicación entre los niveles $N3$ y $N4$ se les conoce como los enlaces "principales" de la red MSAT y aquéllos entre los niveles $N1$, $N2$, y $N3$ se les conoce como la red de "elementos móviles". En México ya ha habido intentos de redes de este tipo, como la que implementó la compañía Movilsat, quien utilizaba una tecnología de tipo CDMA con equipos de la marca Qualcomm, a través de la banda Ku del Sistema Morelos de Satélites, la cual sin embargo no tuvo mucho éxito. No obstante, con la actual generación de satélites mexicanos (Sistema Solidaridad de Satélites), que cuentan con servicio de banda L para comunicaciones móviles, este tipo de aplicaciones, seguramente se tomarán de mayor interés en el mercado.

Como se puede ver en la Figura 3.5, la red de elementos móviles MSAT, es una red muy compleja que requiere interconexiones a facilidades públicas/privadas, conmutadas/no conmutadas, datos/voz. Para poder entender completamente los requerimientos de una aplicación móvil para la industria de transporte, enlaces de comunicación y servicios, éstas se pueden dividir en cinco categorías:

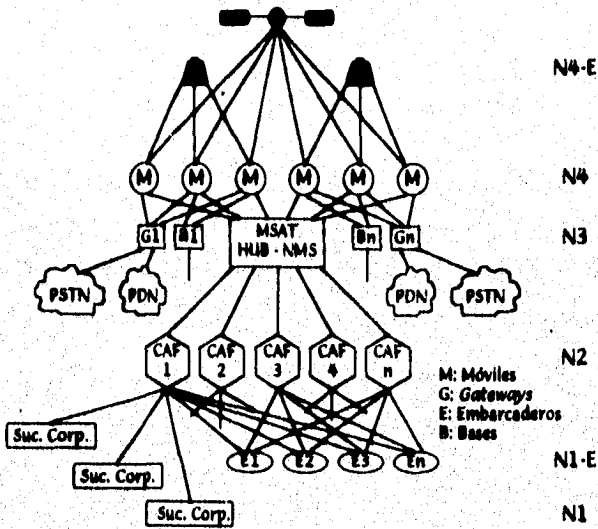


Figura 3.5 Red de comunicaciones MSAT

- Operadores de Vehículos
- Comunicaciones corporativas
- Servicios de Agencias
- Servicios de control de accidentes y seguridad
- Correspondencia Pública (*Pager*)

El tráfico de voz y datos de las primeras cuatro categorías se puede canalizar a través de una red de VSATs, y el de la quinta categoría se puede canalizar e interconectar a través de redes públicas de datos y telefónicas, como se muestra en la Figura 3.6.

Los requerimientos de las redes de comunicación móvil, concuerdan idealmente con las capacidades de las VSATs. Considérese el caso donde la FMC colecta los mensajes desde los embarcaderos y otros y les da formato y transmite a los móviles. En este caso, el volumen total de tráfico desde los embarcaderos al FMC es comparable al del FMC a la

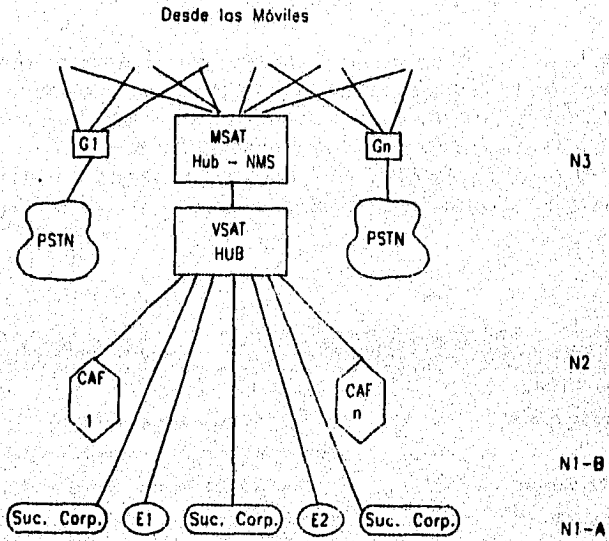


Figura 3.6 Red VSAT superpuesta a una red MSAT

estación maestra móvil. Esto es, un usuario grande (FMC) genera tráfico igual o mayor que un gran número de usuarios pequeños (embarcadores).

Si a estos usuarios se les permite compartir una portadora de *inbound* de una VSAT de Aloha ramurado, la eficiencia resultante puede exceder significativamente el límite de 37 %.

Una sola VSAT puede soportar, en tiempo real, el tráfico de mensajes de una flota entera (es decir de 50 a 500 elementos móviles) [36]. Ya que la VSAT es compartida por todos los elementos móviles en la flota, su costo será reducido proporcionalmente y el costo de la comunicación resultante por elemento móvil es una pequeña parte del costo total del mensaje.

3.7 Satélites Avanzados y VSATs

La mayoría de los satélites de comunicación existentes son relativamente pasivos, en el sentido que no se realiza ningún procesamiento o conmutación a bordo del satélite. Sin embargo los ADSATs futuros, presentarán ciertas características tales como conmutación, procesamiento, configuración de haces, etc. Estas características proporcionarán beneficios significativos en costo, desempeño, y flexibilidad en la configuración de la red, y proporcionarán facilidades para soportar nuevas aplicaciones (véase la tabla 3.3 tomada de [8]).

Características de los Satélites	Beneficios
Regeneración de Datos	Desempeño Mejorado del Enlace
Haces Puntuales Múltiples	Reuso de Frecuencia, Alta Velocidad (En consecuencia VSAT más Pequeñas)
Rastreo/Conmutación de Haces	Distribución de la Capacidad no Uniforme
Frecuencia más Alta	Menor Interferencia y por lo tanto, menor trabajo de coordinación, incremento del ancho de banda satelital
Conmutación	Soporte para varios Serv. de Conmutación Voz Punto a Punto Alto Desempeño (retardo - BER) Alta Eficiencia de Ancho de Banda Una Gama Amplia de Servicios ISDN

Tabla 3.3

Tanto las organizaciones de satélites internacionales como domésticos y regionales, están en proceso de construir ADSATs con varias de las características mencionadas arriba. Sin embargo, ya que los satélites existentes actualmente están proporcionando un amplio rango de servicios de banda angosta y ancha, las características y crecimiento de los ADSATs comerciales futuros, estarán ampliamente determinadas por los requerimientos de servicios y los beneficios económicos de las redes móviles.

3.8 Conceptos de Satélites Avanzados Para la Futura Generación de Redes VSAT.

3.8.1 Introducción

Para que la industria del satélite prospere dentro del mundo de las telecomunicaciones, necesita innovaciones tecnológicas para crear satélites más sofisticados, e innovaciones de mercadotecnia y diseño de redes, para concebir y ofrecer servicios adecuados y pensados únicamente para los sistemas satelitales. Las redes de comunicaciones avanzadas que utilizan la tecnología de terminales pequeñas de apertura (VSATs) proporcionarán a la industria de sistemas satelitales un gran número de oportunidades en el mercado de las comunicaciones a lo largo del segundo lustro de la década de 1990.

Para tener un amplio acceso al mercado, una red VSAT deberá ser capaz de proporcionar servicios de voz, datos y video en un amplio rango de tasas de información, que van desde las decenas de kilobits por segundo hasta miles de kilobits por segundo, con un retardo de propagación aceptable una red de VSATs con alta disponibilidad. Aunque algunos de estos requerimientos se pueden obtener con las redes VSATs actuales, sus capacidades y costo-efectividad están limitados por el hecho que éstas utilizan conmutaciones terrestres de las estaciones maestras y la limitante en potencia de los satélites actuales. Un ejemplo claro de estas limitaciones, es la imposibilidad en estos momentos, de utilizar redes VSATs, para realizar interconexiones de redes *multimedia* mediante la tecnología de transferencia de información conocida como ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), debido al retardo inherente de las mismas, de aproximadamente medio segundo, resultado del viaje redondo (ida y vuelta) entre la estación terrena y el satélite.

Las redes VSAT actuales están dispuestas en una configuración estrella con todo el tráfico enrutado a través de la estación maestra central (HUB), requiriendo por lo tanto de un doble salto cuando se necesita comunicación VSAT a VSAT (véase la Figura 3.7). Para aplicaciones interactivas de voz, un doble salto de satélite puede ser indeseable y aún objetable, si no se utilizan eliminadores de eco que son muy costosos. Además, en varios casos, se puede argüir en contra de la baja relación costo-efectividad de la implementación en gran escala de servicios interactivos de voz en las redes VSAT actuales.

Las nuevas tecnologías incorporadas en las redes VSAT de la futura generación, librarán perfectamente estas limitaciones. En este apartado, se comentarán las técnicas y tecnologías propias para la nueva generación de satélites más potentes y arquitecturas de sistemas para las futuras redes VSAT. Se incluye una discusión de antenas satelitales con haces múltiples de alta potencia (PIRE), procesamiento y conmutación a bordo, así como varios métodos de acceso. Finalmente en este apartado se presentan ejemplos de sistemas

planeados por la industria privada así como por el gobierno de los Estados Unidos de América.

3.8.3 Tecnologías de las siguiente generación

Antenas de Haces Múltiples

Para poder utilizar VSATs con antenas pequeñas, se requiere una alta potencia satelital (PIRE) para posibilitar los enlaces con altas tasas de transmisión requeridas por los canales únicos o múltiples de voz o video. La mayoría de los satélites actuales, cuentan con antenas que producen un solo haz que cubre una sola región. La ganancia pico de la antena es nominalmente igual a 33 dB la cual cae a 27 dB en los límites de la región. Esto resulta en un PIRE de cobertura en los contornos igual a 35 dBW para banda C y 40 - 43 dBW para banda Ku, en la cual se utilizan transmisores de más alta potencia. Si se reemplaza el haz único por haces puntuales múltiples (Figura 3.8) se podría proporcionar una ganancia adicional de 10 - 20 dB [8].

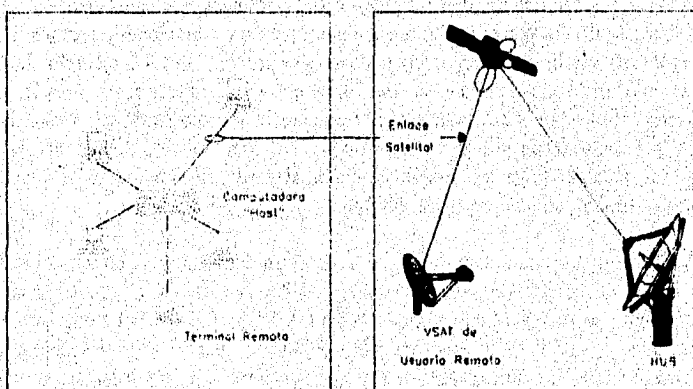


Figura 3.7 Red VSAT típica

Además de incrementar la ganancia considerablemente, los satélites de haces múltiples tienen mayor ventaja sobre la separación espacial para permitir el reuso de la misma banda de frecuencia en haces separados geográficamente, incrementando por lo tanto, la disponibilidad del ancho de banda, varias veces más comparada con la disponibilidad en

los satélites de haces únicos (como el caso del SMS). Sin embargo debido al costo y complejidad involucrada, la evolución de los satélites de haces únicos a satélites de haces múltiples tendrá efecto de manera gradual, comenzando con pocos haces, cuyo número se incrementará hasta posiblemente 100 haces por satélite.

Los haces que se aparecen en la Figura 3.8, pueden ser fijos o móviles *-hopping beam-* (haz de dirección variable). En un sistema de dirección variable, cada uno de los M haces independientes, cambian su dirección continuamente a N localidades diferentes, produciendo en efecto un sistema de haces virtuales de NxM. Por ejemplo, los 100 haces puntuales mostrados en la Figura 3.8, pueden ser resultado de 10 haces que cubren a 10 regiones cada uno, a través del cambio constante de dirección. el cambio de dirección es muy rápido, típicamente del orden de los microsegundos.

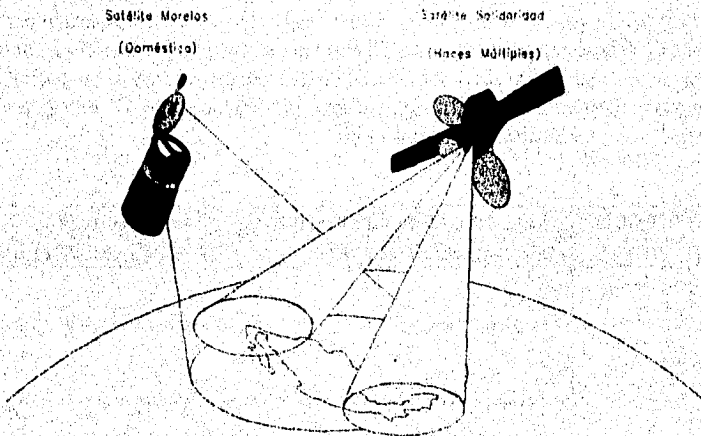


Figura 3.8 Satélite de haces múltiples comparado con uno de haz sencillo

La ventaja de utilizar un sistema de haces de dirección variable es que el tiempo de cambio de dirección en cada localidad se puede ajustar dinámicamente para coincidir con la demanda de tráfico en esa localidad específica, optimando por lo tanto, la utilización de la capacidad del sistema. Además con los haces de dirección variable, el número de receptores de satélite requeridos, transmisores, y otros elementos de *hardware* del satélite requeridos se reduce (en el ejemplo mencionado se reducen de 100 a 10). Sin embargo, cuando se utilizan sistemas con haces de dirección variable, será necesario usar un acceso

múltiple por división de tiempo (TDMA), el cual incrementará el costo de los equipos en las estaciones terrenas, mismos que funcionarán a un régimen alto de transmisión en ráfaga.

Para que todas estas ventajas sean posibles, la producción de haces puntuales múltiples, fijos o de dirección, requerirán de antenas en los satélites relativamente grandes con redes de haces puntuales complejas. Y sobre todo, el hecho de contar con comunicaciones entre haces, requerirá de mecanismos de enrutado a bordo del segmento espacial del sistema satelital. Los satélites actuales reciben la señal enviada desde las estaciones terrestres, y es convertida en bajada para ser transmitida en forma de difusión, y captada por las terminales receptoras dentro del área de cobertura, mientras que en un satélite de haces múltiples la conectividad entre haces se efectúa a costa del aumento en la complejidad del diseño del mismo satélite en forma de un enrutado a bordo (Tabla 3.4) tomada de [12]. El enrutado puede ser dinámico o estático (es decir, preasignado). El enrutado dinámico se puede llevar a cabo mediante la utilización de conmutadores rápidos o a través del uso de multiplexores de frecuencia o tiempo para conectar sistemáticamente el enlace ascendente captado por un haz y con el enlace descendente de otro haz. El enrutado estático se puede hacer mediante la utilización de una matriz o filtros y por una red de transponders cruzados. En general, el enrutado se puede efectuar a niveles de paquete, circuito o multicircuito. En los siguientes párrafos se revisan varias técnicas de conmutación.

PARAMETRO	SATÉLITES CONVENCIONALES DE HAZ SENCILLO	SATÉLITES NUEVOS DE HACES MÚLTIPLES
Densidad de flujo de potencia	Baja La energía está dispersa	Alta Haces puntuales de alto PIRE
Eficiencia del espectro	Baja No está disponible el reuso de frecuencia (excepto por polarización)	Alta La tecnología espacial proporciona el reuso de la frecuencia entre los haces
Alimentador/Complejidad de la antena	Alimentador sencillo	Arreglo complejo de alimentadores y redes conformadas de haces
Complejidad de la carga útil/interconectividad	Transponders sencillos	Procesamiento complejo a bordo y conmutación que permite el flujo de señales entre los haces.

Tabla 3.4

Conmutación a nivel de FI y Banda Base

En los sistemas que utilizan el método de TDMA con conmutación satelital (*Satellite Switched TDMA*) las terminales terrestres necesitan transmitir varias ráfagas dentro de cada

trama de TDMA, una para cada haz con el cual intentan comunicarse. Consideremos un sistema de M haces en el cual las terminales terrestres dentro del haz A quieren comunicarse con las terminales en los haces B y C (Figura 3.9). Una Matriz de Conmutadores de Microondas (MCM) a bordo del segmento espacial puede proporcionar la conectividad entre los haces. La trama TDMA está dividida en diferentes ranuras de tiempo (*time slots*), cada una correspondiente a una configuración de conmutadores de un satélite específico. En una ranura de tiempo particular, cuando la MCM está configurada para proporcionar la conexión cruzada entre los haces A y B, todas las terminales en el haz A que buscan comunicarse con las terminales en el haz B transmiten las ráfagas en enlace ascendente hacia el satélite. En el satélite, estas ráfagas son convertidas a FI y enrutadas a través de la MCM al puerto de enlace descendente del haz B.

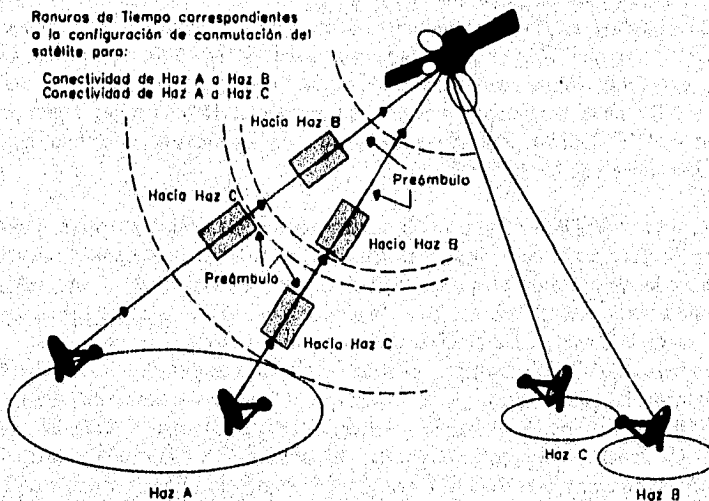


Figura 3.9 Ráfagas de enlace ascendente en un sistema SS/TDMA

Las terminales en el haz A deben esperar por una segunda ranura de tiempo para transmitir sus señales en enlace ascendente destinadas a las terminales en el haz C. Esto pasa cuando la MCM está configurada para una conexión entre el haz A y el haz C. El sistema SS/TDMA es equivalente a una conmutación distribuida tiempo-espacio-tiempo en el cual la conmutación en espacio, es realizada a bordo del satélite, y la conmutación en tiempo es hecha por cada una de las terminales terrestres al final del enlace. La terminal terrestre originadora sirve como un conmutador de tiempo mediante la organización de su tráfico de ráfagas de manera que cada ráfaga llega al satélite durante el intervalo en el cual la MCM

está configurada para recibir las ráfagas y enrutarlas a su haz descendente destino. La MCM sirve como un conmutador de espacio mediante la conexión dinámica de haces ascendentes con enlaces descendentes; y finalmente, la terminal terrestre destino sirve como el conmutador de tiempo final cuando su receptor abre una apertura para capturar la ráfaga de enlace descendente enviada a él.

Como se describió, el SS/TDMA requiere de una estación terrestre que proporcione varias ráfagas de enlace ascendente en una sola trama de TDMA. Se proporcionan hasta un máximo de N ráfagas, donde N es el número de haces en el sistema. El sobre-encabezado (*overhead*), así como los preámbulos y tiempos de guarda asociados a cada una de las múltiples ráfagas resultantes, hacen esta técnica relativamente deficiente, particularmente para un sistema que cuenta con varias terminales VSAT de muy bajo tráfico interactuando entre varios haces. Sin embargo, cuando existe un tráfico interhaz pesado, el sobre-encabezado asociado con las ráfagas múltiples no se considera objetable. Al incrementar la duración de la trama de TDMA se mejora la eficiencia del SS/TDMA debido a que la razón de tráfico de información al sobre-encabezado se incrementa, pero el incremento de la duración del la trama de tiempo, provoca mayor retardo. Debido a los argumentos mencionados, el SS/TDMA es utilizado normalmente en redes con carga de tráfico pesado, que involucran menos de 100 terminales.

Una alternativa al SS/TDMA es poner ambos conmutadores, de tiempo y espacio, a bordo del satélite [8]. Esto se puede implementar tanto con los sistemas de haces con dirección variable como los de haces fijos requiriendo un almacenaje a bordo así como capacidad de conmutación a bordo a nivel de banda base. El enrutado de señal para un satélite de haces múltiples se puede llevar a cabo mediante un procesador de banda base que regenera la señal banda base del enlace ascendente y almacenaje así como de circuitos de conmutación de rutas individuales para producir los haces descendentes apropiados como se observa en la Figura 3.10. El satélite demodula la señal del enlace ascendente de cada haz, para recuperar cada canal y almacenar el contenido del mismo a un banco de memoria. Un arreglo $M \times M$ de conmutadores de banda base enruta el contenido del banco de memoria de entrada para pasarlo a un banco de memoria de salida de manera que todos los canales dirigidos a ese haz puedan ser multiplexados, remodulados, convertidos en subida, y transmitidos en una sola ráfaga de TDM (*Time Division Multiplexing*).

Para este sistema, referido en este trabajo de aquí en adelante como TDMA con conmutación a nivel banda base (*Base Band Switching/TDMA - BBS/TDMA*), la trama de TDMA se divide en un número de subtramas, cada una asociada con un haz específico. Dentro de la subtrama apropiada asociada al haz A, cada terminal dentro del haz proporciona una ráfaga de enlace ascendente la cual contiene todo su tráfico para todas las terminales en todos los haces (Figura 3.11). La ráfaga está compuesta por un solo preámbulo y varios canales multiplexados en el tiempo, cada uno direccionado a una terminal diferente. La terminal depende del satélite para almacenar su ráfaga de enlace ascendente, ordenar y enrutar los canales apropiados a los haces correctos. Es interesante notar que aunque las redes con conmutación a nivel de banda base en el satélite así como las redes VSAT típicas actuales tienen una topología en estrella, la conmutación a nivel de

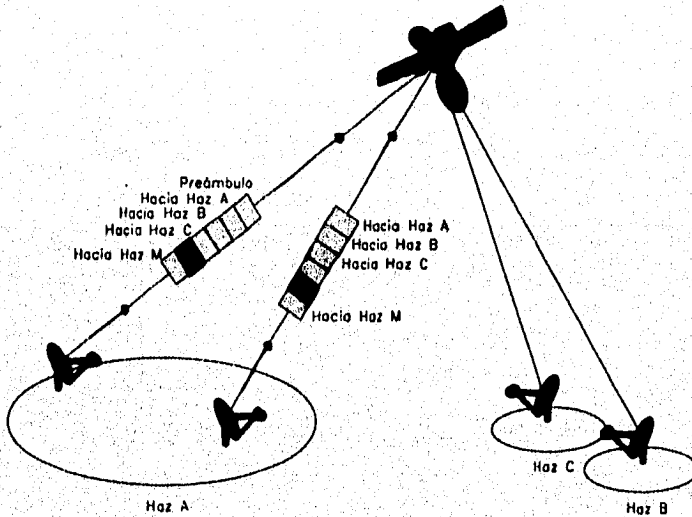


Figura 3.10 Ráfaga de enlace ascendente en un sistema BSS/TDMA

banda base en el satélite libera a la estación maestra (HUB) de esta función, efectuándola a bordo del satélite.

Un satélite con conmutación a nivel de banda base, es inherentemente un satélite regenerativo. La demodulación/remodulación requerida en el proceso de conmutación también proporciona una mejoría del enlace de varios dBs la cual posibilita acceder a unas terminales de bajo costo de una manera más fácil. Sin embargo, también existen desventajas en la conmutación a nivel de banda base en el satélite. La conmutación a nivel de banda base es más pesada y compleja de implementar, y requiere mayor potencia del satélite que los conmutadores de FI. También, después del lanzamiento del satélite, las terminales terrestres estarán restringidas en el tipo de modulación, y de manera más importante, en la tasa de transmisión a la cual podrán transmitir.

Sistemas FDM/TDMA

En un sistema TDMA, la eficiencia de la red se incrementa paralelamente al incremento en la tasa de transmisión. Pero, ya que se necesitan antenas más grandes y amplificadores de alta potencia (*High Power Amplifiers* - HPAs) más potentes, los sistemas TDMA de ráfagas con tasas de transmisión elevadas resultan en estaciones terrenas muy costosas. Por razones

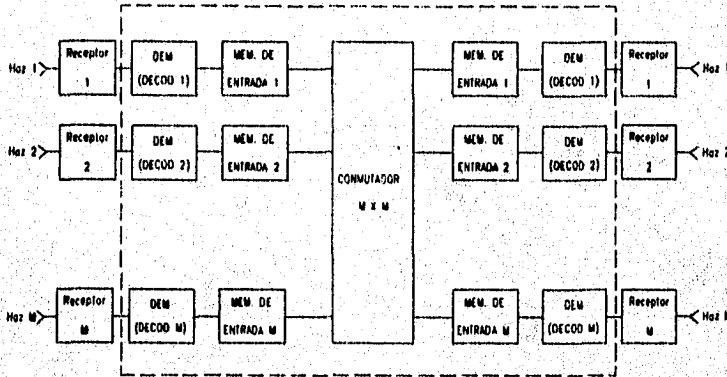


Figura 3.11 Ruta que siguen las señales en el procesador de banda base

de economía, y para permitir una implementación de estado sólido, es necesario restringir la potencia del amplificador de la terminal terrestre (HPA) a aproximadamente 10 watts, preferentemente cercana al rango de los 2 a los 5 watts. Similarmente, es deseable restringir el diámetro de la misma terminal terrena de 1.8 a 2.4 metros [12].

Sin embargo, estas restricciones limitan la tasa de transmisión de las ráfagas reduciendo así la eficiencia del sistema. Así que, de acuerdo al crecimiento del tráfico en la red, se deben implementar canales TDMA adicionales para soportar tal incremento de tráfico. Las redes que utilizan varios canales TDMA multiplexados en frecuencia se conocen como sistemas FDM/TDMA o simplemente como sistemas TDMA canalizados.

Para ilustrar los puntos discutidos, consideremos un sistema multihaz hipotético como se muestra en la Figura 3.8. Supongamos que el satélite posee 10 haces de dirección variable, cada uno pudiendo cubrir direcciones hacia 10 diferentes localidades, para un total de 100 haces virtuales. Suponiendo una disponibilidad de un ancho de banda igual a 500 MHz, y una topología de reuso de frecuencia de 4 sub-bandas, cada haz es dotado con 125 MHz. Mediante el uso de una modulación con optimización del ancho de banda de eficiencia

igual a 1.25 Hz/bit, se puede lograr una tasa de transmisión de 100 Mbps por haz. Sin embargo, una terminal terrena TDMA que opere a una tasa de 100 Mbps, aún en grandes cantidades y aún cuando utilice un satélite de muy alta potencia, puede costar varias decenas de miles de dólares, ciertamente varias veces mayor al costo objetivo de \$10,000 de las terminales terrenas actuales.

Un enfoque alternativo, podría consistir en reemplazar un canal TDMA de 100 Mbps con 20 canales TDMA multiplexados de 5 Mbps. Haciendo esto, la eficiencia del sistema se conserva como antes mientras que el costo de las terminales terrenas se reduce considerablemente. Sin embargo, esta alternativa podría resultar en un diseño del satélite más complejo. Por ejemplo, en un sistema de diez haces como el mostrado en la Figura 3.10, la implementación de un solo canal TDMA de 100 Mbps por haz requiere diez demoduladores. El sistema de ráfagas con una tasa de transmisión más baja, sin embargo, requiere 20 demoduladores por haz, uno por cada canal TDMA, o un total de 200 demoduladores a bordo del satélite. Esto incrementa el peso y requerimientos de potencia de la carga útil del satélite.

Demoduladores Masivos

Una manera de minimizar tal incremento de peso y requerimiento de potencia es reducir el número de demoduladores a bordo del segmento espacial es mediante la utilización de demoduladores masivos (*bulk demodulators*). Estos son dispositivos capaces de demodular varios canales simultáneamente. Los demoduladores masivos se pueden implementar en forma analógica utilizando dispositivos de onda acústica de superficie (*Surface Acoustic Wave - SAW*) o digitalmente utilizando transformada rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform - FFT*). En cualquier caso, un demodulador masivo acepta varios canales FDM de entrada, y los demodula simultáneamente produciendo una salida de varios canales en un flujo TDM.

El concepto de demoduladores masivos también se puede aprovechar para la implementación de un sistema completamente FDMA donde las terminales terrenas operan en modo portadora única por canal (*Single Channel Per Carrier - SCPC*). En todos los sistemas SCPC que utilizan la conmutación a nivel de banda base, varios miles de canales individuales, necesitan ser demodulados y enrutados a bordo del satélite.

3.8.3 Satélite de Tecnología Avanzada de Comunicaciones de la NASA

(*Advanced Communications Technology Satellite - ACTS*)

El satélite de tecnología avanzada de comunicaciones (ACTS), un satélite experimental patrocinado por la NASA [8], incorpora varias de las tecnologías comentadas en este apartado. El objetivo del programa del ACTS es desarrollar y poner en práctica tecnologías y técnicas de alto riesgo para la siguiente generación de satélites comerciales de

comunicaciones. La Figura 3.12 presenta la cobertura por haz de las antenas de haces múltiples del ACTS, el cual produce tres haces puntuales estacionarios y dos haces puntuales de dirección variable de acción rápida. La carga útil del ACTS incluye ambos tipos de procesos, conmutación a nivel de banda base y conmutación a nivel de FI (Figura 3.13). El procesador de banda base interconecta los dos haces de dirección variable en un arreglo de BBS/TDMA. El enlace ascendente de cada uno de los dos haces de dirección variable puede trabajar ya sea como un canal TDMA de tasa de transmisión alta a 110 Mbps o como dos canales FDM/TDMA de tasa de transmisión baja a 27 Mbps. La matriz de conmutadores de FI de 3x3 interconecta los tres haces estacionarios en un arreglo de SS/TDMA que puede soportar nominalmente 220 Mbps por haz.

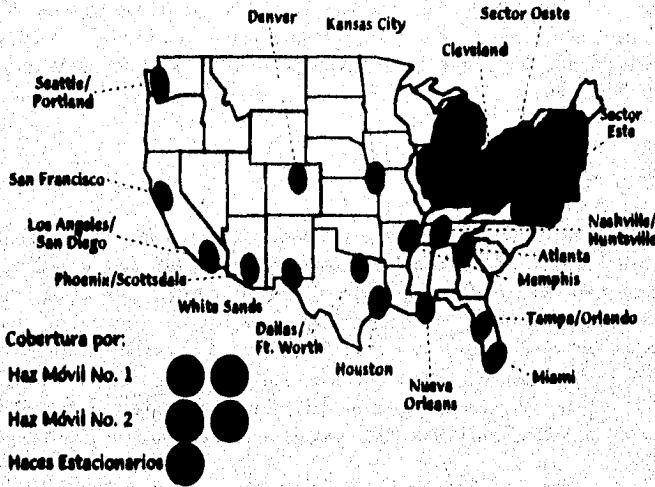


Figura 3.12 Area de Cobertura para el satélite ACTS de la NASA

El ACTS utiliza la banda Ka, con 30 GHz para la transmisión del enlace ascendente y 20 GHz para la transmisión del enlace descendente. Para contrarrestar el efecto de interferencia de señal por lluvia (*rain fading*) a las frecuencias de la banda Ka, se utilizan códigos adaptivos y técnicas de control de potencia. En el modo BBS/TDMA, las terminales que experimentan desvanecimiento, reducen la tasa de transmisión de las ráfagas por un factor de 4 y utilizan un código convolucional con tasa de 1/2 para sumar un total de 10 dB al margen de lluvia sobre el margen de 5 dB del enlace del ACTS. En el modo SS/TDMA, la potencia del transmisor del segmento espacial es incrementada adaptivamente de un valor nominal igual a 10 W/haz hasta 40 W/haz, produciendo por lo tanto un margen adicional de 6 dB. El PIRE nominal de 60 dBW del ACTS en el margen del área de cobertura es aproximadamente mayor por 20 dB al de los satélites

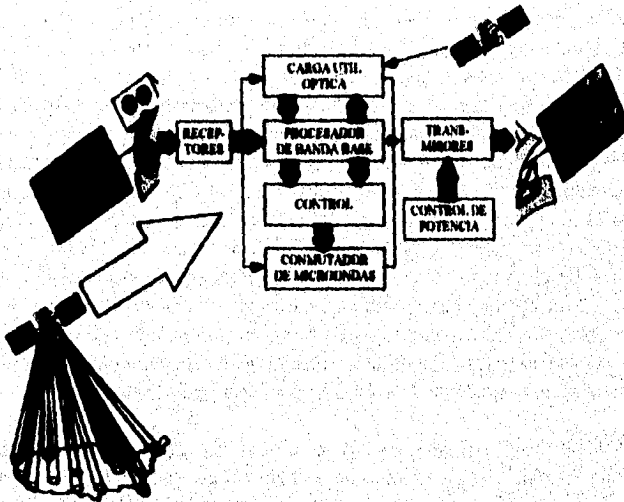


Figura 3.13 Interconexiones de los haces del ACTS

convencionales [8]. El ACTS puede soportar una transmisión para VSATs de 1.5 Mbps, comparada con la transmisión para VSATs igual a aproximadamente 128 Kbps soportada por los satélites actuales, utilizando terminales con antenas de 1.8 m de diámetro y amplificadores HPAs de 10 W.

3.3.4 Revisión del Ambito Comercial

Las implementaciones eventuales de los conceptos de satélites avanzados para redes VSAT revisadas en este apartado dependen de varios factores, incluyendo la demanda en el mercado y la disponibilidad de varias de las tecnologías mencionadas. Además, la evolución hacia la implementación será gradual y precedida por varios sistemas intermedios

Uno de tales sistemas intermedios, el cual es más sofisticado que las redes VSAT actuales y todavía en varios aspectos no tan ambiguo como algunos de los sistemas descritos antes, está bajo consideración de Hughes Communications, Inc. Este sistema está pensado para proporcionar servicios públicos y privados de comunicación de voz y datos en un sólo salto de satélite. El sistema de Hughes difiere de aquéllos mencionados anteriormente en al menos tres aspectos fundamentales: antenas multihaz, enrutado a bordo y acceso múltiple. Cada uno de estos aspectos se revisará a continuación.

Antenas de Haces Móviles Direccionables por Frecuencia

Más que proporcionar haces puntuales discretos como los de la Figura 3.8, el sistema de Hughes [12] utiliza un concepto innovador llamado haces móviles direccionables por frecuencia. En este concepto, el sistema de antenas del satélite actúa como un prisma de microondas. De la misma manera que en el caso de un prisma óptico donde un haz de luz blanca incidente es refractado a diferentes ángulos (dependiendo de sus longitudes de onda constituyentes), una banda de frecuencias que entran al sistema de antenas de haces móviles es dirigida a manera de barrido a través del área de cobertura tal que el límite inferior de la banda se dirige a un margen del área de cobertura y el límite superior de la banda se dirige al otro margen de la misma área de cobertura. Esto se puede lograr mediante el uso de un arreglo de antenas donde los elementos son manejados por señales dependientes de un corrimiento de fase que dirigen el haz de la antena a diferentes localidades a diferentes frecuencias. Las señales de corrimiento de fase dependientes de la frecuencia que manejan los elementos de la antena pueden ser obtenidas a través de una red de formación de haces consistente de acopladores y elementos de retardo.

Para entender mejor este concepto, consideraremos la siguiente propuesta hipotética. Un ancho de banda de 500 MHz es dividido en 16 sub-bandas, cada una con un ancho de 30 MHz. Donde la banda entera es presentada a la antena, cada una de las 16 sub-bandas es dirigida a una localidad diferente de una región, en este caso el territorio de los Estados Unidos [12] (Figura 3.14). El barrido de frecuencia puede ser hecho una vez a través del área de cobertura o puede ser repetido varias veces para el reuso de frecuencia. En el sistema propuesto por Hughes, se tiene un reuso de frecuencia de cuatro posiciones, dividiendo a la región en cuatro zonas. La banda completa es barrida a través de cada zona tal que el límite inferior de la banda es dirigido al margen occidental de la zona y el límite superior es dirigido al margen oriental de la zona. De esta manera, en el límite cuando las zonas se encuentran, la sub-banda de alta frecuencia en una zona se traslapa con la sub-banda de baja frecuencia de la zona adyacente sin provocar interferencia.

La Figura 3.15 muestra aproximadamente un contorno de haz de -2 dB correspondiente a alguno de los haces móviles tal como se mueven a través de la región. La ganancia en el margen de la cobertura varía en un rango de aproximadamente 39 y 41 dBW, el cual es 10 dB más de lo que proporcionan los sistemas satelitales actuales [7].

Acceso FDMA

Cuando cada VSAT requiere uno o más canales de voz, la arquitectura SCPC, se presenta como mejor opción de implementación para terminales terrenas de bajo costo. Sin embargo, en la medida en que se incrementa el requerimiento de canales por VSAT, una solución a través de TDMA se hace más viable desde el punto de vista costo-eficiencia. La relación entre el SCPC y el TDMA es de aproximadamente 10 a 20 canales. La red VSAT de Hughes está basada en un acceso de tipo SCPC. Cada una de las dieciséis sub-bandas de

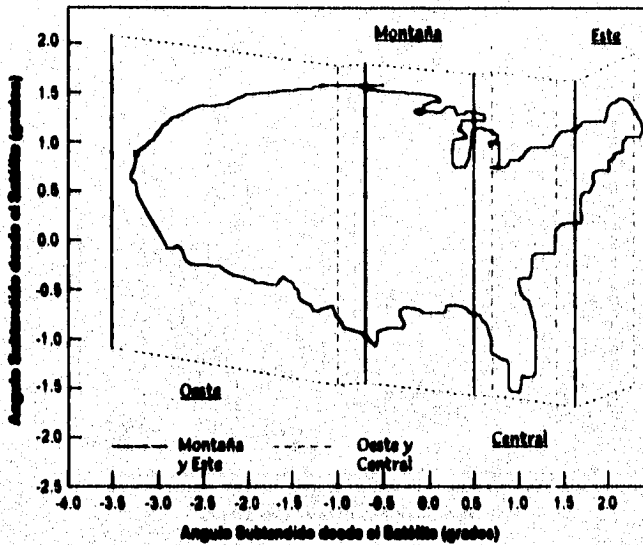


Figura 3.14 Zonas cubiertas por la antena del haz giratorio Hughes

30 Mhz está dividida en varios canales individuales SCPC de 64 Kbps. Cada VSAT está equipada nominalmente para soportar dos canales de voz o datos.

Enrutado Estático a Bordo

De manera diferente a los sistemas descritos anteriormente, el enrutado a bordo del satélite de Hughes no es efectuado dinámicamente ni con base en los circuitos individuales de 64 Kbps. Esto es realizado, en cambio, sobre la base de transponders individuales cada uno soportando varios cientos de circuitos de 64 Kbps. Esto se implementa utilizando un banco de filtros a bordo del satélite y basado en una conmutación predeterminada de los transponders.

Este tipo de innovaciones tecnológicas, ya están, en cierta medida, disponibles en los sistemas actuales, tal como los haces múltiples del Sistema Solidaridad de Satélites, así como el software de administración del sistema NEXTAR IV, de NEC utilizado en la implementación de la red del capítulo 9, el cual soporta la configuración de una red VSAT para sistemas que cuentan con satélites de haces cruzados.

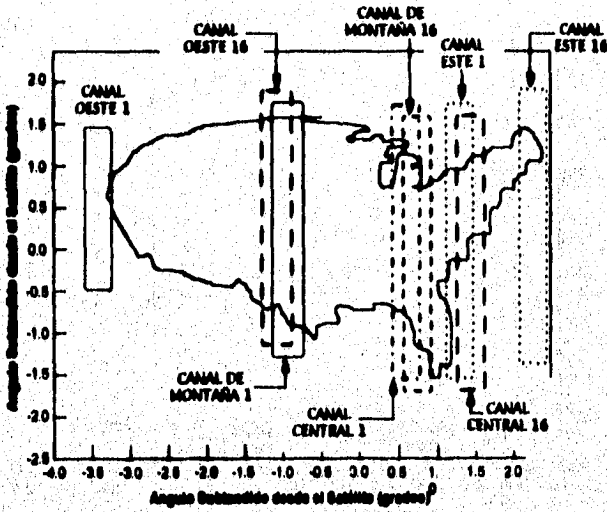


Figura 3.15 Umbrales de ganancia para la antena Hughes

CAPITULO 4

Tendencias de diseño para redes VSAT multimedia

4.1 Características de Una Red VSAT

4.1.1 Introducción

El propósito de este capítulo es servir como introducción a las características claves y conceptos de diseño que han tomado como base las compañías fabricantes de equipos de telecomunicaciones, para desarrollar las redes WAN con arquitectura VSAT Multimedia, o sea para aplicaciones de datos, voz y video.

Las áreas de interés que revisaremos son:

- Esquemas de transmisión
- Organización lógica (estructura de la trama) del tren de información transmitido.
- El ancho de banda utilizado y las funciones del protocolo de la red VSAT en el caso de datos.
- Métodos de acceso y características de operación para las aplicaciones de datos voz y video.

En realidad los conceptos del diseño no responden a alguna demanda de optimización, más bien las opciones de diseño son el resultado de varios requerimientos. Así encontramos el concepto de la compañía M/A-COM, conocido como ISBN (*Integrated Satellite Business Network*), o el de la compañía NEC, al cual tomaremos como base para nuestra revisión, cuyo nombre es NEXTAR. Estos diseños fueron concebidos para soportar un amplio rango de aplicaciones del usuario así como las demandas mismas de desempeño. Esto incluye datos interactivos, transferencia de datos de tipo lote o archivos (*batch y file transfer*), voz digitalizada y videoconferencia bidireccional.

4.1.3 Características Claves

En el caso de la red de datos, la serie NEXTAR está compuesta por dos elementos básicos: La estación maestra central o HUB y las estaciones remotas VSAT. El sentido de transmisión de datos de la estación HUB a las VSATs se llama *outbound*. La transmisión de datos cuya dirección va de las VSATs al HUB se conoce como *inbound*. El modelo NEXTAR, se implementa normalmente a través de unidades controladoras de acceso al satélite llamadas SAC (*Satellite Access Controller - SAC*), las cuales manejan una sola portadora de *outbound* y una o varias portadoras de *inbound*. Un solo usuario puede manejar uno o más SACs [13].

La portadora de *outbound* del NEXTAR, es decir la señal que va del HUB a las VSATs, es una portadora estática (siempre está activa) cuya tasa de transmisión es de 64 o 128 Kbps, la cual trabaja bajo un modo de multiplexaje por división de tiempo (TDM), generada por el SAC y transmitida en difusión (*broadcast*) a todas las VSATs. La ruta de *inbound* del NEXTAR, que va de las VSATs al HUB, consiste de una o más portadoras que trabajan bajo el régimen de acceso múltiple por división de tiempo (*Time Division Multiple Access - TDMA*) a una tasa de transmisión de 64 Kbps. Las portadoras de *outbound* requieren de mayor capacidad en el transponder que las de *inbound*. Por esta razón, es a veces más conveniente proporcionar un nivel de eficiencia más alto en la portadora de *outbound* que a las portadoras de *inbound*. A veces es necesario negociar con la eficiencia de los canales de *inbound* para poder lograr mejores tiempos de respuesta. Sin embargo, para el caso de los canales de *outbound* es posible obtener tiempos de respuesta buenos sin sacrificar la eficiencia del mismo canal.

Los factores primordiales que intervienen en el logro de la máxima eficiencia del sistema de comunicaciones, son:

- El sobre-encabezado (*overhead*) del paquete requerido
- El sobre-encabezado de la ráfaga asociado con la utilización del TDMA en el canal de *inbound*.
- El factor de seguridad para mantener el tiempo de repuesta aún con sobreflujo de tráfico
- La capacidad requerida para el sistema de gestión de la red.
- La capacidad requerida para proporcionar un protocolo adecuado para establecer los enlaces satelitales.

Para los casos de voz y videoconferencia, las características de la red son menos complicadas por un amplio margen con respecto a la red de datos, sin embargo se conserva el mismo esquema de estación central o maestra HUB y estaciones remotas VSAT.

A continuación hablaremos de cada uno de estos factores para la red de datos. La eficiencia real accesible mediante el modelo NEXTAR depende de los requerimientos de tiempo de respuesta y el modelo de tráfico específico.

Comenzaremos revisando el caso de la red de datos, a continuación la red de voz, y finalmente hablaremos de la red para videoconferencia, la cual es bastante simple con respecto a los dos primeros casos.

4.2 Red de Datos NEXTAR (NEC Co.)

4.2.1 Método AA/TDMA Avanzado

El método AA/TDMA avanzado con asignación adaptiva (*Advanced Adaptive Assignment/TDMA*), ha sido desarrollado por NEC específicamente para las redes VSAT tipo NEXTAR [13]. Está diseñado para soportar transferencia de datos de los tipos interactivo y lote, así como de trenes de datos de voz, los cuales se consideran como datos de tipo lote. Trabaja básicamente de la misma manera que el método TDMA con acceso aleatorio (*Random Access - RA/TDMA*) llamado también *slotted ALOHA* para el caso de datos interactivos. Por lo tanto se pueden lograr retardos mínimos en el tiempo de transmisión. Al mismo tiempo, utiliza un método que es similar al TDMA con asignación por demanda (*Demand Assignment - DA/TDMA*) para las aplicaciones tipo lote, de manera que se puede lograr una alta eficiencia del canal contra tiempo de respuesta (*throughput*) para transferencia de datos grandes. De esta forma se obtiene una coexistencia de ambas aplicaciones, interactiva y lote, sin sacrificar las características de cada uno de estos métodos de acceso múltiple. El AA/TDMA avanzado obtiene una utilización eficiente de los recursos del transponder para redes corporativas. Sin embargo, en los casos en los que sea conveniente, la red NEXTAR se puede configurar para utilizar el modo TDMA con asignación permanente (*Permanent Assignment - PA/TDMA*).

Como ya hablamos mencionado, los paquetes de datos originados desde el HUB dirigidos a todas las VSATs, las cuales comparten la misma portadora de *outbound* se transmiten sucesivamente en paquetes multiplexados como se muestra en la Figura 4.1. Estos paquetes se envían bajo un esquema donde el primero que entra es el primero que sale, de manera completamente asíncrona con respecto al reloj del sistema, y tan pronto como éstos están disponibles para su transmisión.

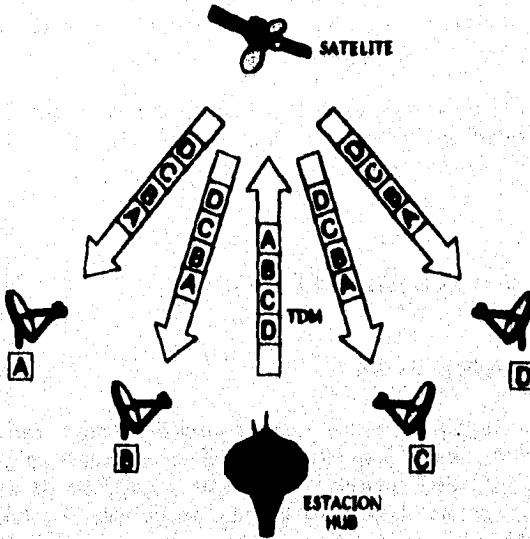


Figura 4.1 Esquema del canal de transmisión HUB - VSAT (*Outbound*)

Los paquetes de datos tienen la información de la dirección de la VSAT destino. Cada VSAT recibe todos los paquetes transmitidos, sin embargo, cada una revisa el campo de dirección de los paquetes recibidos, y entonces captura los paquetes cuya dirección coincide con la propia y deshecha los paquetes restantes.

Se insertan periódicamente secuencias de control y sincronía (*timing*), en los datos de *outbound* como se muestra en la Figura 4.2. Estas secuencias se utilizan con el propósito de sincronizar las ráfagas transmitidas desde las VSATs. También se utilizan para enviar reconocimientos de recepción (*acknowledgements*) para paquetes de *inbound* y otra información de control para las mismas VSATs.

La Figura 4.2 muestra que los paquetes son transmitidos en un formato de ráfaga. Cada ráfaga es transmitida en una ranura (*slot*) de TDMA y varias ranuras de TDMA son contenidas en una trama (*frame*) de TDMA. Esto permite que un sólo canal satelital sea compartido por varias VSATs. La temporización de la trama de TDMA está sincronizada con la señal de temporización derivada de la secuencia de control y sincronía enviada en el canal de *outbound*. Las diferencias de los tiempos de transmisión entre las estaciones remotas y el satélite, debidas a la ubicación de las estaciones remotas en diferentes localidades geográficas se compensan mediante valores de corrimiento de tiempo (*offset time*) apropiados, ajustados en los equipos de cada estación remota.

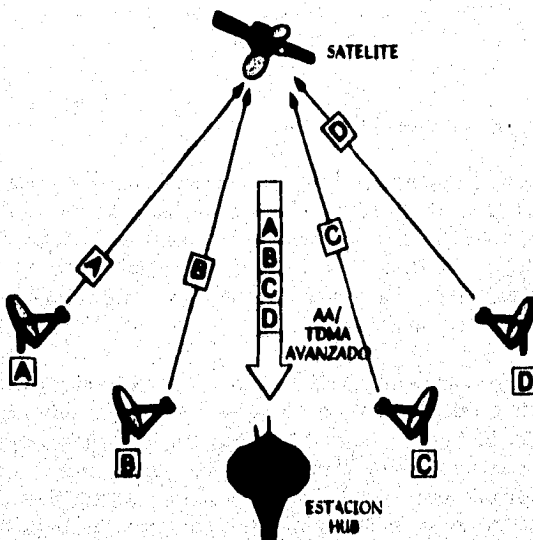


Figura 4.2 Esquema del canal de transmisión VSAT-HUB (*Inbound*)

El paquete satelital de *inbound* es una señal ráfaga que consiste de un preámbulo, un encabezado, una porción de datos, una secuencia de revisión de trama (*Frame Check Sequence - FCS*), y un postámbulo. El preámbulo es utilizado por los demoduladores QPSK en el HUB para la recuperación de la portadora y el reloj. El encabezado (*header*) contiene un campo de dirección para identificar a la VSAT transmisora así como información de control. Ya que la longitud del campo de datos en la ranura es fijada por la selección de número de ranuras por trama, se insertarán bits de "relleno" cuando la longitud del mensaje del usuario sea menor que la especificada en la longitud del campo de datos de la ranura.

Por otro lado, si la longitud del paquete de datos del usuario excede la longitud del campo de datos, el paquete del usuario se segmenta y transmite en paquetes satelitales múltiples. El FCS se utiliza para detectar errores de transmisión. El postámbulo se agrega para efectos de implementación del decodificador tipo Viterbi.

Una trama de TDMA tiene una longitud de tiempo fija (de 240 milisegundos), la cual ha sido optimada tomando en cuenta el retardo de propagación de la señal hacia y desde el satélite y el tiempo de procesamiento de los equipos. Sin embargo, el número de ranuras de TDMA, y por lo tanto la longitud de los paquetes en ráfaga del satélite, puede ser ajustada de acuerdo a las aplicaciones para las que se diseñará la red de VSATs. Esto es, la longitud de la ranura se puede seleccionar de manera que un solo paquete satelital se pueda ajustar para transportar un tamaño promedio o más probable de paquete de datos de un usuario.

Por lo tanto la capacidad del canal es adaptada a una aplicación específica. El rango del número de ranuras TDMA por trama va de 4 a 20.

Operación en Modo de Acceso Aleatorio

Cuando la longitud del paquete de datos del usuario es tal que se puede enviar en un solo paquete satelital, la operación del AA/TDMA es similar al sistema ALOHA ranurado. El concepto de la operación en modo aleatorio se ilustra en la Figura 4.3. Cada VSAT transmite su paquete de datos a la siguiente ranura de TDMA. El HUB retorna un reconocimiento en la secuencia de control y temporización en el canal de *outbound* si el paquete ha sido recibido correctamente.

Sin embargo, ya que otras VSATs también pueden transmitir ráfagas en la misma ranura, puede ocurrir una colisión. En este caso, los datos enviados por ambas estaciones terrenas se perderán. Las VSATs que hayan transmitido los paquetes sabrán que ocurrió una colisión ya que éstas no recibieron el reconocimiento esperado en la secuencia de control y sincronía. Cuando esto pasa, las VSATs retransmiten los paquetes de datos después de un intervalo de tiempo escogido aleatoriamente para minimizar la probabilidad de una segunda colisión.

Utilizando la operación en modo de acceso aleatorio, la mayoría de los paquetes llegarán al HUB al primer intento, si la carga de tráfico es moderada, es decir menor al 10 por ciento. En este caso, el retardo de propagación de los datos es el tiempo de retardo del acceso al satélite igual a aproximadamente 270 milisegundos más el tiempo de procesamiento. Este es el retraso más corto que puede lograrse cuando se utiliza transmisión vía satélite. Aún si ocurre una colisión en el primer intento, la mayoría de los paquetes llegarán al HUB después de una retransmisión. En este caso, el tiempo del retardo de propagación será de aproximadamente 1 segundo más el tiempo de propagación.

Operación en Modo de Reservación

Cuando la longitud de los paquetes de datos de usuario de entrada es mayor a la longitud del campo de información en la trama TDMA y por lo tanto no se puede acomodar en un solo paquete satelital, el modo de operación del sistema AA/TDMA Avanzado será del tipo reservación tal como se muestra en la Figura 4.4. En este modo, la VSAT transmite la primera porción del paquete de datos del usuario en el paquete satelital, junto con una solicitud de reservación de ranuras de tiempo para enviar la porción del paquete de datos del usuario restante. Este primer paquete puede sufrir una colisión y, por lo tanto, hacerse necesaria una retransmisión. Si el primer paquete con la solicitud de reservación es recibido correctamente por el HUB, el controlador de acceso al satélite (SAC) asignará ranuras de tiempo para transmitir la porción restante del paquete de datos del usuario, e informará a la VSAT solicitante de la localización de las ranuras de tiempo en la trama de TDMA vía la secuencia de control y sincronía.

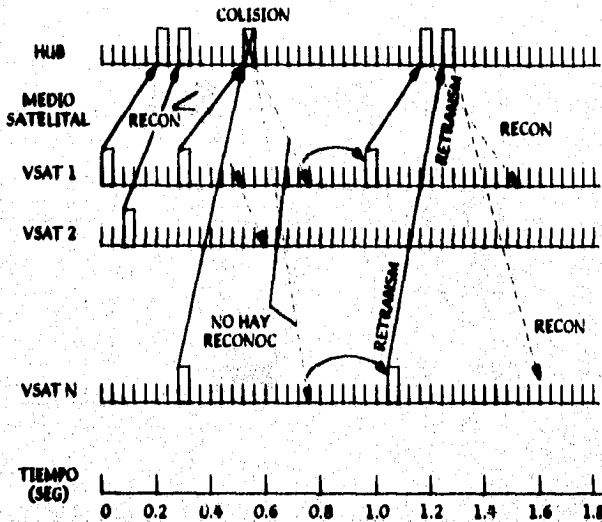


Figura 4.3 Concepto del Canal Aloha Ranurado

Al mismo tiempo, todas las VSATs compartiendo la misma portadora que la VSAT que solicitó la reservación, también serán informadas en la secuencia de temporización y control que esas ranuras han sido reservadas y por tanto éstas no podrán transmitir en las ranuras reservadas. Entonces la VSAT solicitante transmite la porción restante del paquete de datos del usuario en las ranuras reservadas con una probabilidad nula de colisión. Las reservaciones de ranuras se hacen con base en un paquete de usuario empaquetado por el mismo usuario, a excepción del caso de control de flujo, mismo que se comentará más adelante. El modo de operación con reservación es apropiado para la transmisión de datos de tipo lote, ya que esto permite la distribución dinámica de los recursos del enlace satelital para los nodos que lo necesitan más.

Una característica única del sistema AA/TDMA es que permite la coexistencia de la transacción de datos de los tipos interactivo y lote. El procesador de banda base (*Base Band Processor- BBP*) de la VSAT determina la longitud de los paquetes de datos de entrada. Si la longitud del paquete de datos del usuario es menor que la longitud del campo de datos de la ranura de TDMA, es tomado como un dato corto, y transmitido en modo aleatorio. Si la longitud del paquete del usuario es mayor que la del campo de información de usuario, es tomado como dato largo, y transmitido en modo reservación. La decisión se realizará por cada paquete del usuario. El máximo número de ranuras en una trama a utilizarse para reservación será limitado por un valor preestablecido (por ejemplo 50%) de manera que cierto número de ranuras de tiempo esté siempre disponibles para el uso de

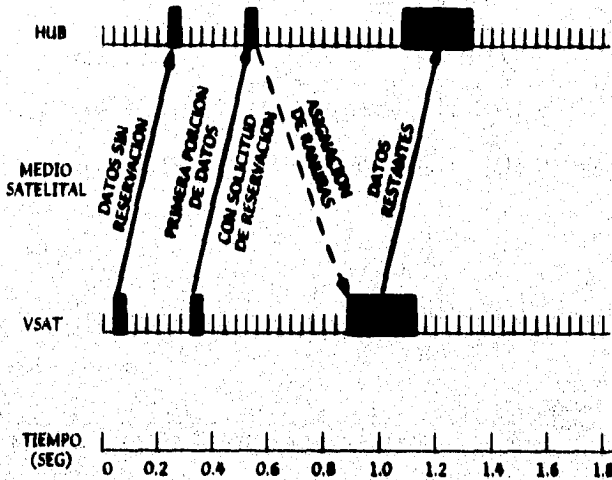


Figura 4.4 Reserva de ranuras en el método AATDMA Avanzado de NEC

acceso aleatorio. Cuando las ranuras destinadas para reserva no se reservan, éstas pueden ser utilizadas por el modo de acceso aleatorio para incrementar la eficiencia.

Operación en Modo de Pre-Reservación

Algunas veces el controlador de acceso al satélite (SAC) envía un paquete de datos con comandos a una VSAT, solicitando una respuesta de ésta. En este caso, el SAC reserva una ranura para el paquete de respuesta e informa de la localización de la misma ranura dentro de la trama. Entonces la VSAT puede transmitir el paquete de respuesta utilizando esta ranura "pre-reservada" sin peligro de colisión. La pre-reservación nunca se utiliza para transmisión de datos del usuario.

Operación en Modo de Asignación Permanente

En el modo PA/TDMA (*Permanent Assignment/TDMA*), las ranuras de tiempo se asignan periódicamente a algunas VSATs las cuales comparten el canal satelital. En el modo PA, las VSATs transmiten sus datos solamente en las ranuras de tiempo asignadas. Debido a que la probabilidad de colisión es nula, la eficiencia con respecto al tiempo de respuesta

(*throughput*) del canal satelital es alta. Las ranuras de tiempo se asignan sin importar la presencia de datos en la estación remota. Si el canal satelital es compartido por un gran número de VSATs, el tiempo entre ranuras vacías para cada VSAT se incrementa excesivamente, y por lo tanto se incrementa el retardo de propagación. La reservación de las ranuras se realiza sobre 16 tramas de TDMA. Por lo tanto hasta 320 (16 x 20) ranuras se pueden asignar a las estaciones terrenas en una secuencia arbitraria. Nótese, que de acuerdo al siguiente apartado de este capítulo, el número máximo de VSATs permitido por cada portadora de *inbound* es igual a 200. Por lo tanto, si las 16 tramas se ranuran de tal manera que se obtienen más de 200 ranuras, estas ranuras deberán ser asignadas en una forma tal que se proporcione más de una ranura a un número de VSATs determinado por el usuario sobre esa portadora de *inbound* [14].

Para una asignación de ranura, se permite la mezcla de modos AA/TDMA y PA/TDMA. En este caso, un número de ranuras se asignan para las VSATs que operarán en modo PA/TDMA y las ranuras restantes se utilizan para las VSATs que operarán bajo modo AA/TDMA. El modo de operación (PA o AA) de cada VSAT y la asignación de ranuras para éstas, se realiza por medio del sistema gestor (Satellite Network Management System - SNMS) y es cargado en la memoria de configuración del SAC y del BBP en la VSAT. Sin embargo cada VSAT deberá seleccionar cualquier modo PA o AA de acuerdo a los parámetros de configuración cargados desde el SNMS.

La asignación de ranuras para una VSAT en modo PA es cargada en la memoria de configuración del equipo de la estación remota cuando el operador del SNMS ejecuta el comando correspondiente. El SAC indica a todas las VSATs que comparten el mismo canal de *inbound* que las ranuras están reservadas en el indicador de estado de reservación en la ranura de difusión (*broadcast*) localizado en el campo de control y sincronía de la trama del canal de *outbound*. Por lo tanto las otras VSATs que operan en modo AA no transmitirán en las ranuras asignadas a las VSATs que operan en modo PA.

En el caso de una VSAT que opera en modo PA, los paquetes provenientes del DTE del usuario conectado a la misma, son convertidos en paquetes satelitales y enviados a la memoria de la parte del BBP denominada MAC (*Media Acces Controller*) sin importar su longitud. La sección MAC envía los paquetes satelitales almacenados en la memoria sobre las ranuras asignadas en el instante apropiado de tal manera que el primero que entra a la memoria es el primero que sale. Estos paquetes no son enviados sobre las ranuras designadas para las VSATs que operan en modo AA.

El formato del paquete satelital para las VSATs que operan en modo PA es el mismo que para las VSATs que operan en modo AA. Cuando hay pérdida de información debida a un error de transmisión, el paquete es retransmitido. Se emplea el rechazo selectivo (*selective reject -SREJ*).

Para el tráfico de *outbound*, los paquetes de las VSATs que operan en modo PA también se transmiten de manera multiplexada, junto con los de las VSATs que operan en modo AA.

Es posible la asignación de ranuras sobre múltiples tramas (16 tramas) para transmisiones en modo PA. El patrón de asignación de ranuras deberá repetirse cada 16 ranuras las cuales contendrán de 64 ranuras (4 ranuras/trama) a 320 ranuras (20 ranuras/trama) en 3.84 s (16 x 240 ms).

Dentro de este periodo de 16 tramas, las ranuras PA pueden ser asignadas arbitrariamente dependiendo de la aplicación. Los siguientes ejemplos ilustran asignaciones disponibles para tramas múltiples:

Cuando una VSAT A tiene el doble de tráfico comparada con otras VSATs (B, C y D):

Ejemplo 1: AxAx BxCxDxAxAxBxCxDxAxAxB...

Ejemplo 2: Ax BxCxDxAxBxCxDxAxBxCxDxAxBxC...

(A, B, C y D indican ranuras para modo PA y las "x" indican ranuras para modo AA).

Asignación del Canal Satelital

Varias portadoras de 64 Kbps pueden compartir un transponder de un satélite. El número exacto de portadoras depende de las características de desempeño del equipo de radio frecuencia tanto del satélite como de la estación maestra. En los sistemas NEXTAR actuales se puede tener hasta un máximo de 500 estaciones terrenas compartiendo un canal satelital [14]. Sin embargo, el número real de estaciones terrenas por canal satelital depende de la carga de tráfico y del tiempo de respuesta requerido para las aplicaciones de la red. Nótese que el tiempo de respuesta contra la eficiencia del canal puede ser mucho menor que su tasa de transmisión.

Esto es debido a la posibilidad de colisiones y eficiencia del método de acceso. Por lo tanto, el número de portadoras de satélite necesarias para manejar el tráfico pico puede ser diferente para los canales de *inbound* con respecto a los de *outbound*. Actualmente, los sistemas NEXTAR pueden ser configurados de tal manera que una portadora de *outbound* esté asociada a varias portadoras de *inbound* en un rango de 1 hasta 8. El máximo número de VSATs por portadora de *inbound* si la densidad de tráfico no es una restricción es 200 [14].

El número real de VSATs por portadora de *inbound* está restringido por la capacidad de las unidades SAC de la estación HUB, para manejar un cierto número de paquetes. Actualmente la Unidad Principal de Procesamiento (*Main Processor Unit* -MPU) del SAC puede manejar un total de hasta 80 paquetes por segundo en ambos sentidos [13].

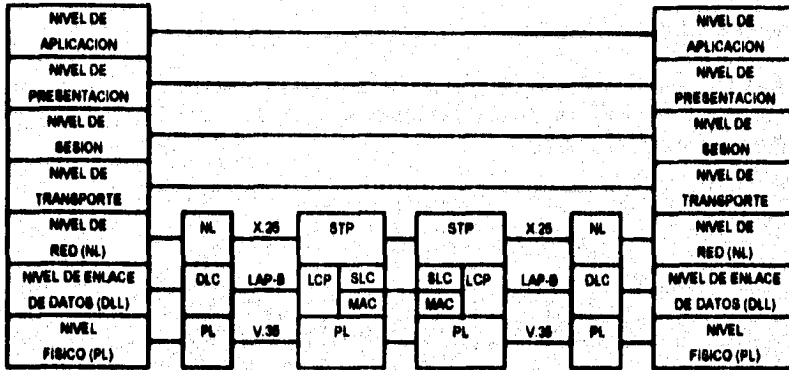


Figura 4.5 Arquitectura de la red NEXTAR de NEC en el caso del protocolo terrestre X.25

4.3.2 Protocolos de la Red de Datos

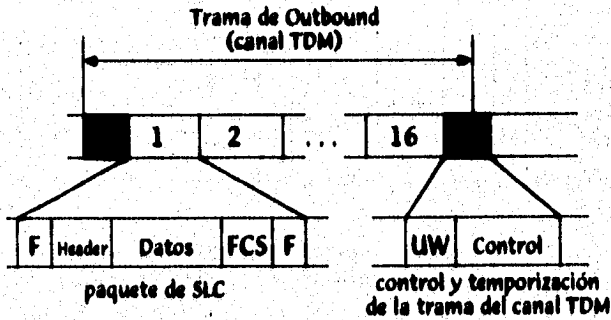
Arquitectura de la Red

Básicamente, la red VSAT de datos propuesta, está diseñada para reemplazar a las redes terrestres de datos existentes sin realizar ningún cambio en el equipo de datos que actualmente esté operando o en su protocolo de comunicaciones. La conversión de protocolo es efectuada por el SAC en la estación HUB y por el BBP en la estación VSAT de manera que se pueda utilizar eficientemente el canal satelital, y eliminar los efectos del retardo de propagación de la señal al y desde el satélite. La arquitectura de la red en el caso del protocolo terrestre X.25 se ilustra en la Figura 4.5. Los niveles físico de enlace y de red del protocolo terrestre son convertidos a sus niveles correspondientes en el protocolo satelital. El proceso inverso se lleva a cabo en el otro extremo del enlace satelital.

Los niveles más altos del protocolo terrestre son manejados de manera completamente transparente dentro de la red satelital, excepto por que la información de direccionamiento es requerida para propósitos de enrutamiento. Por lo tanto la red satelital es completamente transparente desde el punto de vista del usuario además que el retraso satelital es prácticamente eliminado. El nivel de enlace del protocolo satelital está dividido en dos capas. El inferior es llamado MAC (*Media Access Control*) Control de Acceso al Medio, y el superior es el SLC (*Satellite Link Control*) Protocolo de Enlace Satelital. El MAC controla el acceso al satélite en modo AA/TDMA avanzado, mientras que el SLC efectúa el secuenciamiento, enrutado y control de flujo.

Formato del Paquete Satelital

La información específica de los formatos de las tramas de *outbound* de *inbound* y de la secuencia de control y temporización de las mismas se muestran en las Figuras 4.6 y 4.7 respectivamente [14].



- UW: Palabra Única (Unique Word)
- F: Bandera (Flag=01111110)
- FCS: Secuencia de Revisión de Trama - CRC
(Frame Check Sequence)
- SLC: Satellite Link Control (nivel 2 de la OSI)

Figura 4.6 Formato de la trama de *outbound* y secuencia de temporización

El formato del paquete de *outbound* es similar al utilizado en las tramas del protocolo terrestre LAP-B (*Link Access Procedure Balanced mode*). Los límites de las tramas están indicados por la secuencia, 01111110 (bandera), la cual se inserta de manera contigua entre tramas. También, se utiliza la inserción del cero en el paquete de tal manera que la bandera del límite sea única.

El campo de dirección contiene la dirección única de la VSAT receptora. El campo de control contiene el número de secuencia de envío N(S), el número de secuencia de recepción N(R), y, en el caso de tramas de información (I), información suplementaria de control de acceso al satélite. Es utilizado el número extendido de secuencia.

En las tramas de supervisión (S), el campo de control contiene comandos o respuestas en lugar de N(S). En las tramas no numeradas (U), el campo de control contiene comandos y respuestas solamente, y no figura el número de secuencia. El campo de datos es de longitud

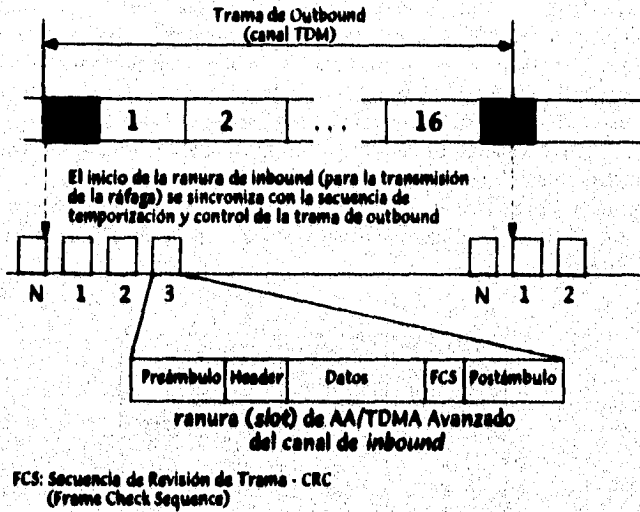


Figura 4.7 Formato de la trama de inbound y secuencia de temporización

variable. Por último encontramos la secuencia de revisión de trama (*Frame Check Sequence - FCS*).

Los paquetes satelitales de *inbound* consisten de un preámbulo, un *header*, una parte de datos, una secuencia de revisión de trama (FCS) y un postámbulo. El preámbulo contiene una secuencia de recuperación de portadora, una secuencia de recuperación de reloj y una palabra de inicio de mensaje (*Start Of Message - SOM*). Esta secuencia es utilizada por los demoduladores QPSK de ráfaga de la estación terrena HUB, para recuperar las señales recibidas. El campo del indicador de la longitud del paquete (PL) proporciona la longitud del campo de datos. El campo de dirección contiene la dirección única de la VSAT transmisora. El campo de control es similar al del paquete de *outbound*. La información suplementaria de control contiene una solicitud de reservación de ranura y un indicador de número de retransmisión.

La longitud del campo de datos es fija. Por lo tanto se agregan bits de "relleno" al final del mensaje real del usuario. El final de los datos se indica por la secuencia *Flag* como ya se mencionó antes. El FCS es insertado para detectar errores de transmisión. El postámbulo sigue al FCS y es utilizado para preparar al decodificador Viterbi para la siguiente recepción.

El número de ranuras en una trama de TDMA puede ser seleccionado por el operador del SNMS [14] a través del comando apropiado, en un rango que va de 4 a 20, adaptable según la aplicación. La longitud de la ranura, así como la longitud del campo de datos del usuario comparado con el número de ranuras/trama se muestra en la Tabla 4.1. El número apropiado de ranuras/trama deberá seleccionarse después de una revisión de las estadísticas de la longitud real del campo de datos del usuario propia de la aplicación para la que va a ser destinada la red satelital. El número de ranuras/trama así como otros parámetros de generación del sistema de la red pueden ser cambiados vía el comando apropiado ejecutado por un operador desde el HUB. Sin embargo, puede provocarse una interrupción en la comunicación de datos del usuario, durante el cambio, dependiendo de la naturaleza de dicha modificación.

Número de Ranuras por Trama	Longitud de la Ranura (bits)	Campo de Datos por Usuario	
		Longitud	Bytes
4	480	432	440
5	384	336	344
6	320	272	280
7	274	228	234
8	240	192	200
9	213	168	173
10	182	144	152
11	174	136	134
12	160	112	120
13	147	96	107
14	137	88	87
15	128	80	88
16	120	72	80
17	112	64	72
18	106	56	66
19	101	53	61
20	96	48	66

Tabla 4.1

Periódicamente se inserta una secuencia de control y sincronía de trama en el canal de *outbound*. Este indica el número de portadoras de *inbound* de TDMA controladas por el canal de *outbound*, el número de ranuras por trama de TDMA, reconocimiento de los paquetes satelitales de *inbound*, un indicador de reservación, un comando de control de tipo difusión, e información de asignación de tramas para solicitudes de reservación.

Control de Errores

El canal de *outbound* es continuo y generalmente opera con una tasa de errores por bit muy baja. Se utiliza un protocolo como ya dijimos similar al LAP-B. Si se presentan errores de

transmisión dentro del enlace satelital, éste será detectado por el FCS y entonces los paquetes erróneos serán descartados por el BBP de la VSAT receptora. Las tramas descartadas provocan un error en la secuencia en el BBP de la VSAT receptora y por lo tanto se solicitan las retransmisiones de los paquetes perdidos a través del comando REJ (*reject*). El rechazo selectivo (SREJ) no se utiliza para el canal de *outbound* ya que normalmente estos canales operan como mencionamos previamente, con una tasa de error por bit muy baja y se lograría una mínima mejora al desempeño del enlace a cambio de un mayor grado de complejidad en la implementación. Se utiliza el número extendido de secuencia para incrementar el número máximo de tramas sin confirmar.

Ya que se pueden presentar colisiones en el canal de *inbound*, se adopta un esquema de retransmisión especial en el método AA/TDMA avanzado. Si un paquete es recibido en el HUB sin error, se envía un reconocimiento a la VSAT originadora, en el campo de secuencia de control y temporización de trama del canal de *outbound*. Sin embargo si ocurre una colisión entre paquetes, el HUB no regresará ningún reconocimiento. La ausencia de reconocimiento provoca que la VSAT realice una retransmisión del paquete perdido después de esperar un tiempo aleatorio (máximo un período de 8 ranuras en el estado de operación normal refiérase a la siguiente sección: control de flujo) [13].

Esto es similar al esquema de un rechazo selectivo (SREJ) ya que solamente los paquetes perdidos son retransmitidos. La estación HUB puede recibir los paquetes de *inbound* sin orden en el número de secuencia o duplicados. En este caso, el SAC en el HUB, efectúa el resecuenciamiento de los paquetes recibidos y los envía a la computadora principal (*host*) del usuario en el orden correcto.

Control de Flujo

El control de flujo es muy importante para el canal de *inbound* debido a que puede producirse una inestabilidad cuando la carga de tráfico se convierte en excesiva y se incrementa la probabilidad de colisiones. Para evitar esto, se ha implementado un sistema de control de flujo bastante elaborado. El control de flujo se lleva a cabo en dos formas. Una es el control distribuido y otra es el control centralizado.

El control distribuido es como sigue. Cuando la VSAT advierte que un paquete transmitido desde ella ha sufrido una colisión, esta considera que el sistema está congestionado e ingresa en un modo de operación de control de flujo. Entonces, ésta suspende la transmisión de nuevos paquetes en modo aleatorio. Es decir dicha VSAT solamente puede transmitir en modo aleatorio paquetes colisionados. Si existen nuevos paquetes en la cola de acceso aleatorio, éstos se cambian a la cola de reservación y solicita una asignación para ranuras de reservación cuando retransmite el paquete colisionado. Entonces todos los paquetes nuevos que vienen durante el modo de operación de control de flujo son transmitidos en ranuras reservadas sin posibilidad de colisión. El volumen del tráfico en acceso aleatorio es reducido automáticamente mediante el uso de este algoritmo. La operación de este modo de control de flujo será cancelada automáticamente cuando los

paquetes retransmitidos son recibidos exitosamente por el HUB y la VSAT recibe el reconocimiento correspondiente. Sin embargo, esos paquetes que se han formado en la cola de reservación de todas maneras se transmitirán en el modo de reservación aún después que el modo de operación bajo control de flujo haya sido cancelado. Este modo de operación bajo control de flujo es posible en el sistema AA/TDMA avanzado, ya que se ha implementado la coexistencia de los modos de operación de acceso aleatorio y por reservación.

Para el control centralizado, cada uno de los paquetes de entrada, portan un indicador de número de retransmisión. El SAC del HUB puede medir el grado de congestión de la red mediante el monitoreo de este indicador.

Si el SAC del HUB detecta una congestión excesiva de la red, en primera instancia, éste envía un comando de difusión a todas las VSATs participantes, para extender el intervalo de retransmisión. El intervalo máximo de retransmisión durante el modo de operación normal es igual a 8 ranuras el cual es extendido a un intervalo máximo de 32 y hasta 128 ranuras dependiendo del grado de congestión [13]. El nivel de congestión es medido mediante el promedio del contador de retransmisión de los últimos 10 paquetes satelitales recibidos. Los puntos de umbral son parámetros configurables de la red.

Este control reduce el flujo de tráfico de manera efectiva dentro de la red. Si la congestión continúa, el SAC del HUB envía un comando en difusión para detener la transmisión de nuevos paquetes. Además, si el número de tramas sin reconocimiento llega al máximo, será suspendida la transmisión de paquetes nuevos para prevenir un sobreflujo y desbordamiento del banco de memoria (*buffer*) en el lado receptor.

Mediante el uso de los controles de flujo centralizado y distribuido mencionados arriba, se puede prevenir un desempeño degradado y caótico del sistema AA/TDMA avanzado debido a un flujo de tráfico excesivo.

4.2.3 Ventajas Operativas del Diseño TDMA

Después de haber descrito la operación del modelo NEXTAR, podemos observar que ciertamente este tipo de implementación de diseño de redes en estrella, responde a necesidades del tipo de usuarios que implementan conexiones mediante enlaces de baja velocidad, a un costo mínimo, ya que se ahorra el gasto hecho cuando este mismo tipo de esquemas se implementan mediante la red telefónica pública a través de líneas conmutadas o privadas.

Finalmente, podemos observar cinco características fundamentales en este tipo de diseño, mismas que enunciamos a continuación:

- Tecnología de implementación muy compleja

- Costo inicial alto
- Apropiada para velocidades bajas
- Costo reducido del ancho de banda rentado por transponder
- Índice de disponibilidad igual que el de una red SCPC FDMA equivalente

Resultados TDMA	
No. de Estaciones Remotas (VSATs)	= 150
No. de Canales de Salida (HUB - VSAT)	= 2
No. de Canales de entrada (VSAT -HUB)	= 6
No. total de Portadoras	= 2 @ 128 kbps FEC 1/2 QPSK 4 @ 64 kbps FEC 1/2 QPSK
No. de Puertos de 9600 bps	= 2 por VSAT
No. de MUXs	= no son necesarios
No. de Líneas Telefónicas	= no son necesarias
Velocidad Real de Transferencia de Información (throughput)	= 33% por canal de 9600 bps
Tiempo de Respuesta	> 500 ms + t. de procesamiento
Puertos adicionales por VSAT sin afectar el tiempo de respuesta ni el throughput (conservando el no. de portadoras)	= no es posible

Tabla 4.2 Resultados para TDMA

Las dos primeras características (en realidad la segunda es consecuencia de la primera), podrían actuar como argumentos negativos al momento de seleccionar la tecnología de implementación de una red, sin embargo, las tres últimas redundan en el hecho de sobrepasar las expectativas de los usuarios, con amplio margen durante la operación normal de la misma (pasado el periodo inicial de asentamiento que sigue a su instalación).

Como vemos la tendencia a seguir desarrollando este tipo de redes, como el mod NEXTAR, de NEC, es preferido al desarrollo de redes tipo SCPC-FDMA, como las *Clear Channel* o canal transparente, y las DAMA (*Demand Assigned Multiple Access*), utilizadas para canales de alta velocidad (generalmente a través de multiplexores, o para aplicaciones de videoconferencia) y voz, respectivamente, ya que para estas últimas y sobre todo para las de canal transparente, se requiere de una inversión periódica de alto costo por concepto de renta de ancho de banda del transponder, consecuencia del esquema de acceso utilizado, el cual consiste en un solo canal por portadora (*Single Channel Per Carrier - SCPC*).

El problema del gasto por concepto de renta de ancho de banda, se neutraliza bajo un esquema TDMA, debido a que como hemos visto, es necesario solo un canal de salida, (desde la estación central hacia las VSATs), y algunos canales de entrada (en el caso del modelo NEXTAR desde uno hasta ocho). Analicemos la diferencia del costo beneficio entre el esquema SCPC *Clear Channel* y el TDMA desde un punto de vista práctico, consideremos el caso de una red estrella que consiste de una estación central en la que un *host* requiere comunicarse con *n* terminales remotas (Figura 4.8), se ha optado establecer los enlaces vía satélite, pero no se ha decidido el tipo de técnica de acceso aún, el problema consiste en analizar el tipo de aplicación que corren el *host* y las terminales para determinar la tecnología de implementación apropiada. Supongamos que el análisis está concluido y los resultados son los que aparecen en las Tablas 4.2 y 4.3.

Red SCPC - Clear Channel	
No. de Estaciones Remotas (VSATs)	= 30
No. Canales Salida (HUB - VSAT)	= 30
No. Canales Entrada (HUB - VSAT)	= 30
No. total de Portadoras	= 60 @ 64 kbps FEC 1/2 QPSK
No. de Puertos de 9600 bps	= 5 por VSAT
No. de MUXs	= 1 por VSAT y 30 en el HUB, cada uno con 5 canales de baja vel. @ 9600 bps (por canal) y un canal de alta vel. @ 64 kbps
No. de Líneas Telefónicas	= 4 por VSAT
Velocidad Real de Transferencia de Información (throughput)	= 100% por canal de 9600 bps
Tiempo de Respuesta	= 500 ms + t. de procesamiento
Puertos adicionales por VSAT sin afectar el tiempo de respuesta ni el throughput (conservando el no. de portadoras)	= 1 @ 9600 bps y 1 @ 4800 bps

Tabla 4.3 Resultados para SCPC *Clear Channel*

Los esquemas para cada opción de implementación se pueden observar en las Figuras 4.9 y 4.10 para TDMA y SCPC *Clear Channel* respectivamente. Asumiendo que el nivel de potencia es similar para las portadoras TDMA de salida y entrada así como para las del

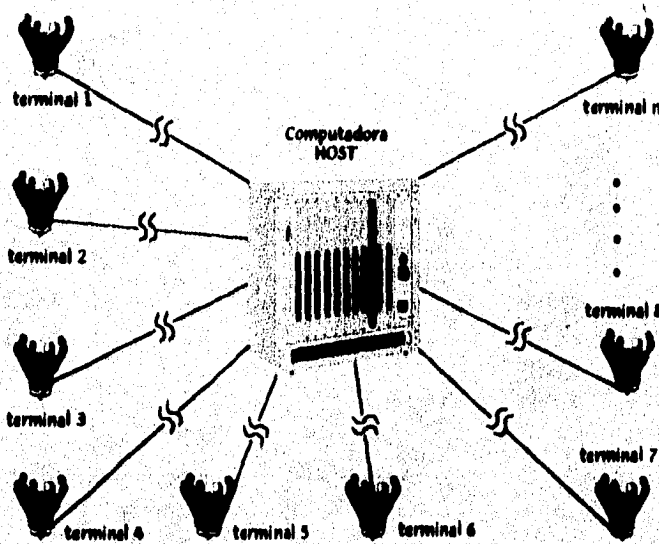


Figura 4.8 Red Estrella Original

SCPC, entonces podremos diferenciar el costo por concepto de renta de ancho de banda del satélite basándonos únicamente en el precio por ancho de banda. Si el costo por portadora es como sigue:

precio unitario	portadora
m U.S.D.	64 Kbps @ FEC 1/2 y QPSK
$2m$ U.S.D.	128 Kbps @ FEC 1/2 y QPSK

De acuerdo a las Tablas 4.2 y 4.3 tenemos lo siguiente:

Implementación	No. de Portadoras	Costo de Renta Satélite
TDMA	$2 (128 \text{ Kbps}) \times 2m$ $+ 6 (64 \text{ Kbps}) \times m$	$10 \times m$
SCPC	$30 (64 \text{ Kbps}) \times m$	$30 \times m$

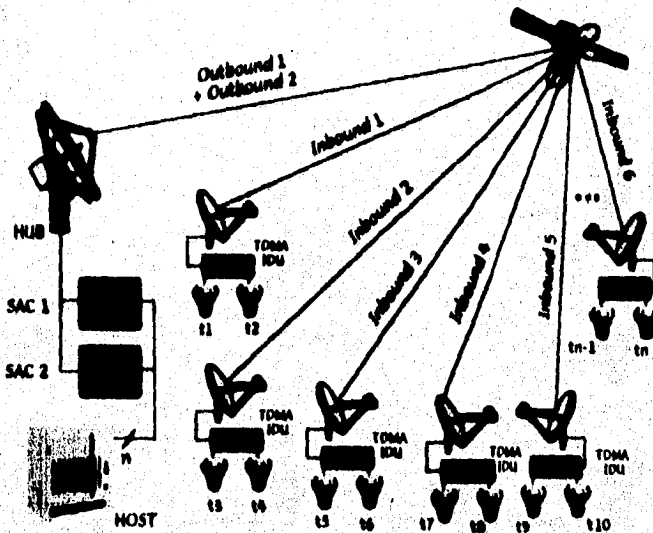


Figura 4.9 Implementación TDMA

De aquí observamos que el gasto mensual por concepto de renta del satélite durante la operación de una red TDMA es tres veces menor que para una red SCPC - *Clear Channel*. Por supuesto esta comparación es apenas un esbozo hecho con el propósito de mostrar la ventaja más aparente de la tecnología TDMA, ya que no hemos tomado en cuenta el costo inicial que implica la instalación de la red (aunque en ambos casos, la inversión por concepto de instalación y puesta a punto se recupera a mediano plazo), ni el costo de mantenimiento a 150 VSATs en vez de 30. Sin embargo, si realizáramos un análisis más extenso, la diferencia en el costo de mantenimiento de la red TDMA, aparentemente mayor con respecto a la red SCPC (debido al número de estaciones), podría balancearse debido al costo adicional por mantenimiento que implica el uso de los multiplexores así como la renta de las 4 líneas telefónicas por VSAT, si se optara por la opción de *Clear Channel*.

4.3 Red DAMA de Voz NEXTAR (NEC Co.)

4.3.1 Método de Acceso SCPC-DAMA

El método de acceso DAMA Voice (*Demand Assignment Multiple Access Voice*), es al igual que el AA/TDMA Avanzado, propietario de NEC y se utiliza para implementar redes de voz, en estrella o malla. Utiliza para la digitalización de la voz, el código ADPCM [14].

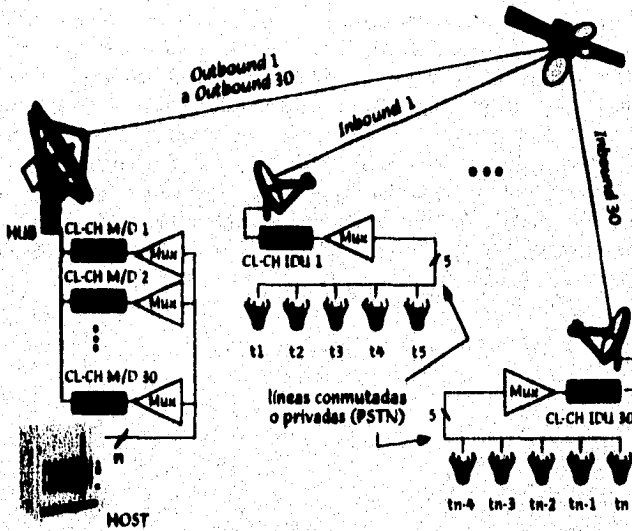


Figura 4.10 Implementación con SCPC Clear Channel

Topología de la Red de Voz

Existe un nodo controlador, y nodos subordinados, como aparece en la Figura 4.11. Este método de acceso utiliza la técnica SCPC (*Single Channel Per Carrier*), estableciendo una conversación entre dos abonados, mediante la emisión de dos portadoras. De lo anterior podemos observar que un circuito telefónico (o conversación), se establecerá mediante un par de portadoras.

Para utilizar el método de acceso DAMA voz, es necesario reservar ante el administrador del satélite (en este caso SCT-Telecomm a través de Contel), un espacio en el cual puedan transmitirse un grupo de portadoras del tipo SCPC.

En este tipo de redes es importante aclarar que el número de abonados (consideraremos un abonado por cada canal de voz) normalmente es mayor que el número de conversaciones simultáneas que puedan establecerse en un momento dado o lo que es lo mismo el número de nodos, es menor al número de portadoras SCPC disponibles.

Método de Acceso DAMA

La forma de establecer la comunicación entre dos nodos, es como sigue: Cada nodo (abonado) de la red (puede ser una estación VSAT o una estación maestra, HUB), solicitará

al nodo controlador o controlador primario (que no es un abonado, sino el administrador), mediante un canal de servicio (llamado Canal de Señalización Común o CSC el cual es básicamente un enlace TDMA, mismo que consiste de una portadora que va del HUB a las VSATs - *outbound*, y otra portadora que va de las VSATs al HUB - *inbound*), bidireccional para establecer una conversación telefónica. Los datos comunicados a través del CSC que transmite el abonado solicitante (VSAT o HUB), contienen el comando de solicitud (o demanda) del canal, más la dirección del abonado llamante así como la dirección del abonado llamado, además de información concerniente a las condiciones del interfase terrestre (por ejemplo si se trata de señalización - 2W ó 4W, tipo de marcación - tonos o pulsos, etc.) [14, 25, 26, 28 y 30].

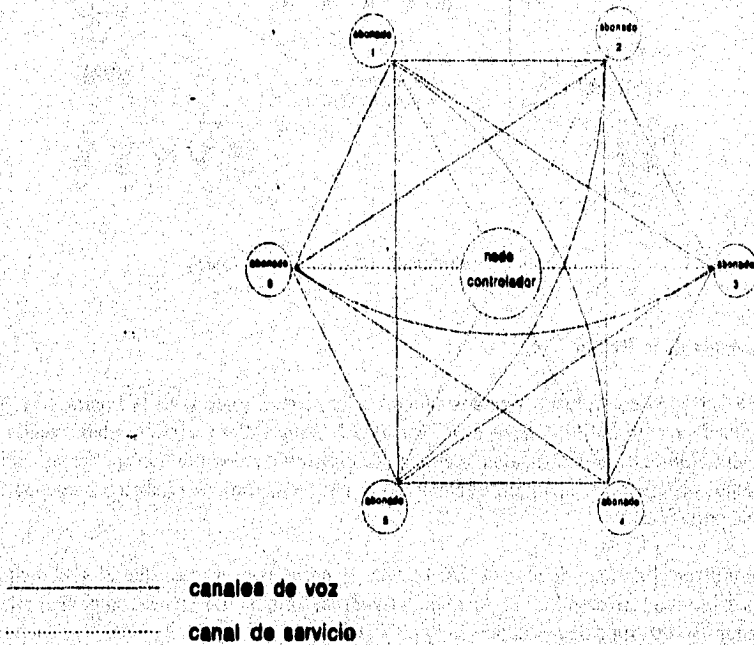


Figura 4.11 Topología de una red DAMA Voz NEXTAR

Una vez que la solicitud del abonado llamante llega al nodo controlador, éste procesa dicha solicitud, y si existe un par de frecuencias disponible, envía de regreso el valor de ambas portadoras, al abonado llamante, así como al abonado llamado (desde luego con la correspondencia de transmisión recepción cruzada entre dichos nodos, o sea $Tx_{llamado}=Rx_{llamante}$, $Rx_{llamado}=Tx_{llamante}$). El retorno de información a cada nodo involucrado, se realiza a través de la portadora de *outbound* del CSC [14].

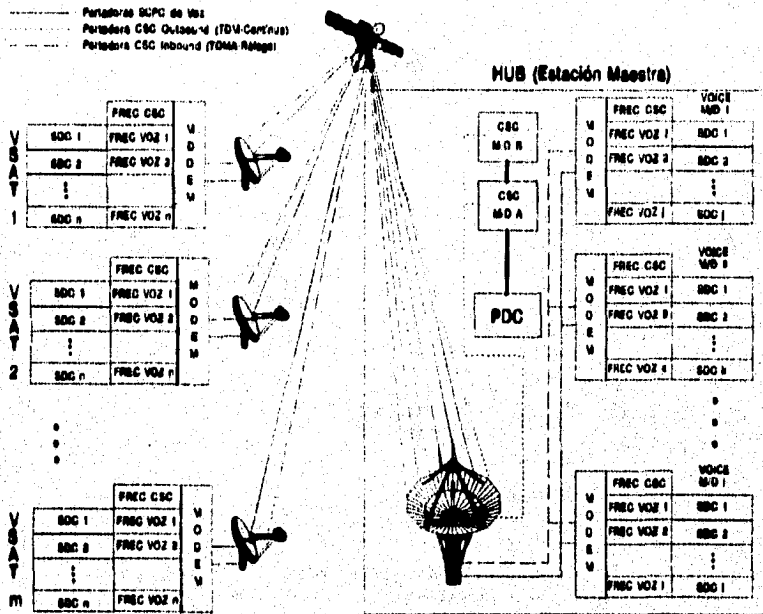
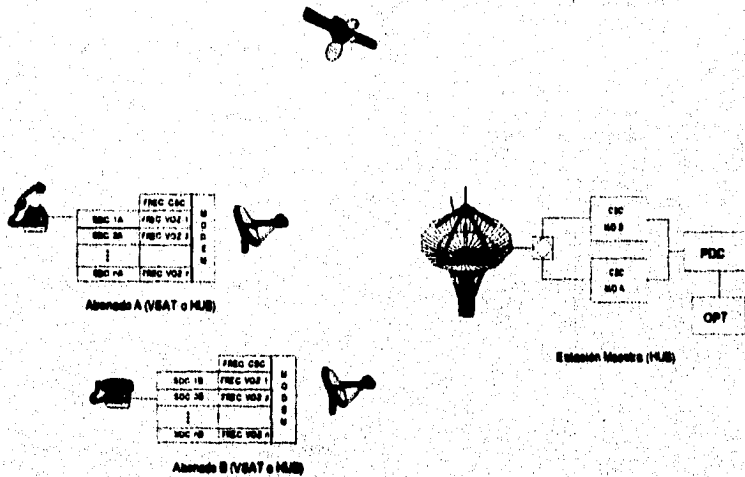


Figura 4.12 Diagrama a bloques y esquema de transmisión de una red DAMA Voz NEXTAR

Este método (DAMA), como ya mencionamos, se apoya en un enlace de servicio (CSC) con características de acceso múltiple similar al TDMA. La razón de utilizar un método del tipo TDMA para establecer el enlace del CSC, es porque existe una sola portadora (*outbound*) transmitida desde el PDC hacia los SDCs en TDM continuo, y una sola portadora (*inbound*) transmitida desde los SDCs hacia el PDC en rífaga (a través de un equipo adicional en la estación maestra conocido como CSC módem) por lo tanto en una red con múltiples SDCs, este CSC debe ser compartido en tiempo, por estos mismos.

A su vez este canal de servicio CSC, con acceso en TDMA, establece enlaces de nivel 2, entre cada nodo de abonado (VSAT o HUB) y el nodo primario, mediante la implementación de un control de acceso al medio (MAC - *Media Access Control*) y un control de enlace lógico (LLC - *Logical Link Control*), mismo que consiste de un protocolo del tipo HDLC satelital. De aquí que se adopte la siguiente nomenclatura, para nombrar a cada nodo que interviene en la red de DAMA voz: Al nodo principal, o sea aquél que realizará el poleo a los nodos de la red DAMA, mediante la emisión de comandos del tipo HDLC, le llamaremos, haciendo una analogía con este tipo de protocolos síncronos, controlador "primario" (PDC, *Primary Dama Controller*), y a los nodos de la red (HUB o



El abonado A descolga el teléfono, entonces el SDC genera un tono de invitación a marcar.

Figura 4.13a Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA Voz NEXTAR

VSATs) o abonados, les llamaremos controladores "secundarios" (SDC, *Secondary Damu Controller*) [14] Figura 4.12.

Así los comandos y respuestas, que actúan como MAC, se manejan a través del CSC, pero la señalización telefónica propiamente dicha (tonos de marcación, tono de invitación a marcar, tono de ocupado, etc.) se maneja a través del módulo interfase local de 2W o 4W, de tal manera que cuando descolgamos el auricular desde un teléfono a 2W o desde una extensión vía conmutador (PBX), el tono de invitación a marcar lo genera de manera local el IDU de voz (en las VSATs) o el módem de voz (en el HUB) [14].

De acuerdo a la explicación anterior, notaremos que cuando un abonado realice una solicitud de canal (par de portadoras) y no se encuentre disponible ninguno, el PDC enviará esta negativa mediante un comando de HDLC, al abonado solicitante, mismo que de manera local (ya sea HUB o VSAT) generará el correspondiente tono de ocupado. De manera análoga, cuando el abonado solicite un canal al PDC, y dicho canal se encuentre disponible, después que el PDC haya comunicado el valor de frecuencia del canal (Tx y Rx), los modems (HUB o VSAT) transmitirán su portadora con el fin de sincronizarse entre

si y establecer el enlace, una vez cumplidas estas etapas, en el interfase del nodo llamado se genera el tono de timbrado hacia el teléfono de 2W, o los dígitos marcados correspondientes a la extensión llamada al conmutador. En las Figuras 4.13a a la 4.13f se puede observar una secuencia normal de establecimiento de comunicación de voz mediante el método DAMA Voz de NEC [14].

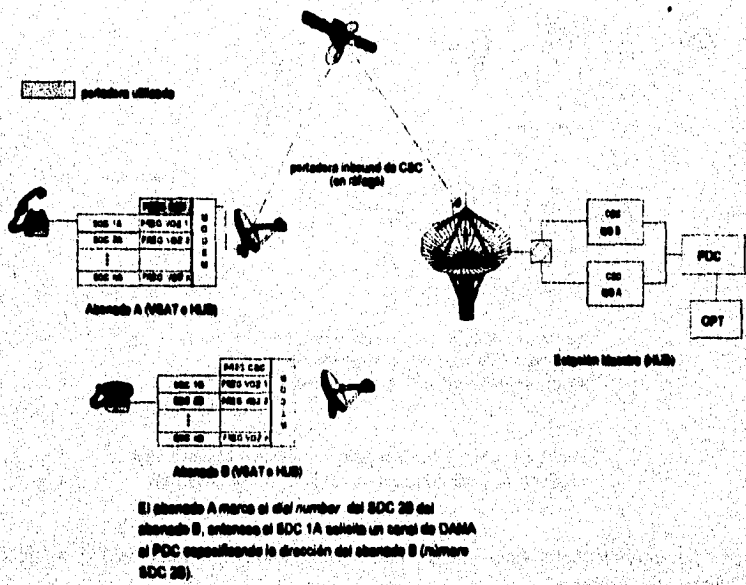
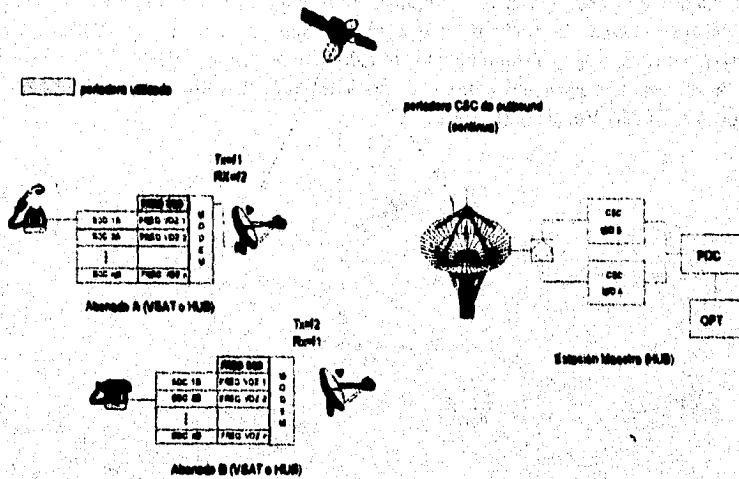


Figura 4.13b Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA Voz NEXTAR

Direcciones de los Nodos (Abonados)

Las direcciones de cada abonado mediante las cuales se identifican cuando se comunican al PDC, se conocen como números de SDC. Estos números pueden tener una subdirección, que representa un número de grupo, mismo que puede ser cerrado o abierto, o sea puede no existir comunicación entre diferentes grupos (grupos cerrados), o puede existir comunicación (grupos abiertos). En el caso en que existe comunicación entre grupos, ésta



Si hay canales disponibles, el PDC asigna un par portadoras SCPC DAMA, y envía las frecuencias de las mismas a ambas SDCs (1A y 2B), para que se sincronicen.

Figura 4.13c Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA VoX NEXTAR

puede ser unidireccional (solo entran llamadas o solo salen llamadas) o bidireccional (entran y salen llamadas).

Los grupos se definen con base en subgrupos de portadoras SCPC. Recordemos que este método de acceso hace uso de una serie de portadoras SCPC en número par (para implementar canales bidireccionales), entonces podemos tomar cierto número de portadoras, del total, formando un subgrupo, identificándolo con un número de grupo, el cual configuramos en el PDC. Una vez definido el grupo, entonces configuramos dicho número en la dirección del abonado, para identificar a qué grupo pertenece [14], Figura 4.14.

Los números de SDC, al igual que los de grupo, son para la identificación que realiza el PDC, a cada abonado a través del enlace CSC, de tal manera que no intervienen a nivel de señalización con los interfaces telefónicos terrestres, o sea son transparentes para el interfase terrestre de voz. Para realizar la identificación de cada abonado a nivel de interfase terrestre, utilizaremos un número de marcación ó *dial number*, el cual podrá repetirse para cualquier abonado. Lo anterior quiere decir que si se realiza una llamada marcando un *dial number* n y éste está configurado en 2 o más SDC's, la llamada se

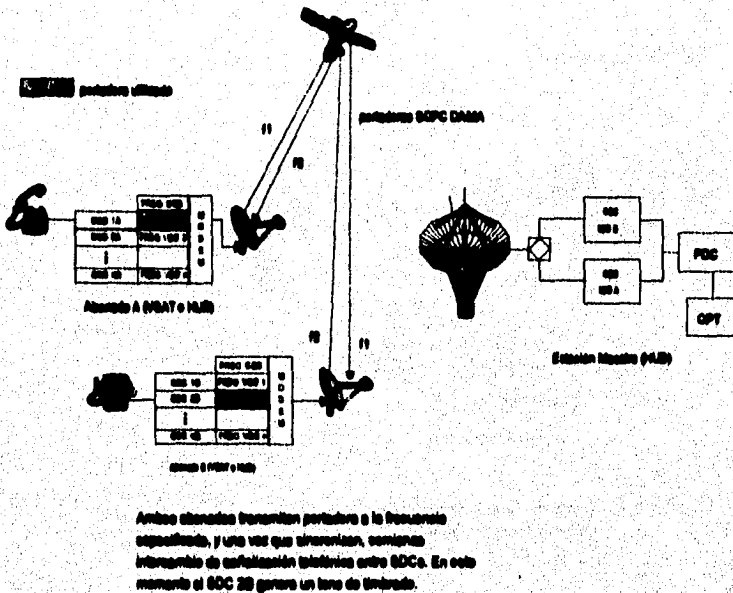


Figura 4.13d Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA Voz NEXTAR

enrutará por el SDC de orden más bajo, a menos que se encuentre ocupado, en este caso la llamada se enrutará por el SDC de orden más bajo que esté desocupado.

Sistema de Administración

Al sistema de administración de la red DAMA de voz, que nos permite configurar el rango de portadoras que utilizará el sistema, definir los números de SDC, de marcación así como a los grupos, hacer cambios, monitorear y controlar, se le conoce como OPT (Operator Terminal), y consiste básicamente de una computadora personal con plataforma 80486 y sistema operativo MS-DOS, al cual se le carga el software de DAMA-NEC. Esta computadora se comunica con el PDC mediante un puerto serial asíncrono a una velocidad de 4800 bps [14].

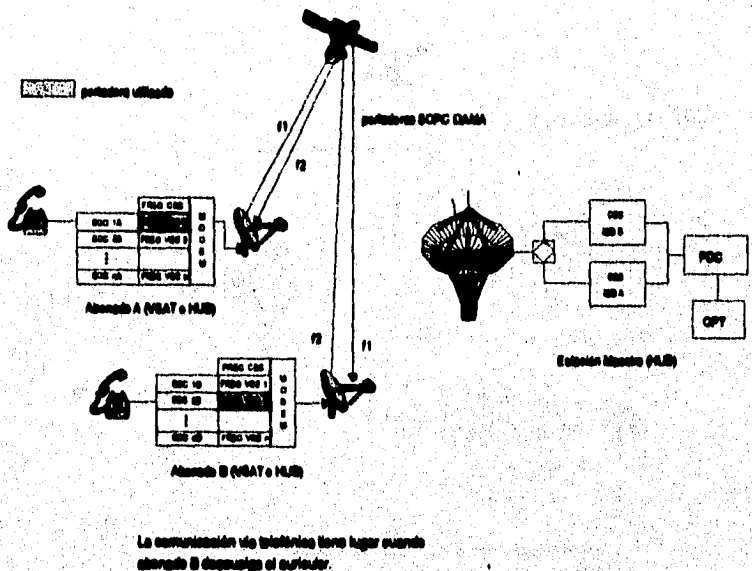


Figura 4.13e Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA VoX NEXTAR

4.4 Red SCPC Clear Channel NEXTAR (NEC Co.) Para Aplicaciones de Videoconferencia

La aplicación de videoconferencia se está haciendo más popular entre los usuarios de tipo corporativo y gubernamentales, aún en países como México, ha tenido gran aceptación en dependencias del estado como la Secretaría de Gobernación dentro de la cual la división del CISEN (Centro de Investigación y Seguridad Nacional), cuenta con una red de videoconferencia NEC.

En realidad esta red es bastante sencilla tomando como referencia a la topología así como a la operación de la misma, ya que se basa en el método de acceso SCPC (*Single Channel Per Carrier*) de canal transparente, para el cual no se distingue entre estación maestra y estaciones VSAT desde el punto de vista jerárquico, aunque sí físico (tamaño de la antena) es decir no hay distinción de fondo aunque sí de forma de acuerdo al método de acceso al medio satelital.

Un sistema de este tipo consta básicamente de modems satelitales del tipo canal transparente, decodificadores de TV bidireccionales, cámaras de video y un sistema de

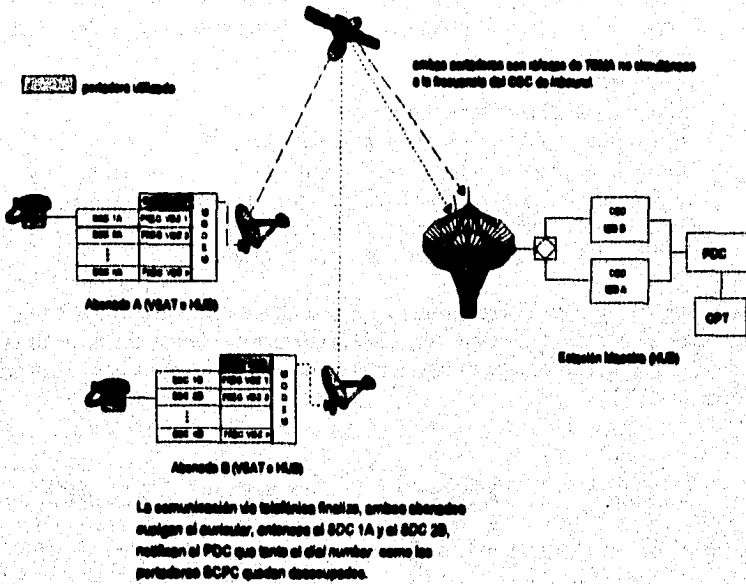


Figura 4.137 Secuencia de establecimiento de la comunicación de voz vía satélite mediante la red DAMA Vos NEXTAR

audio que incluye canceladores de eco y micrófonos, adicionalmente algunos componentes misceláneos como un sistema de servomecanismo para dirigir las cámaras de video.

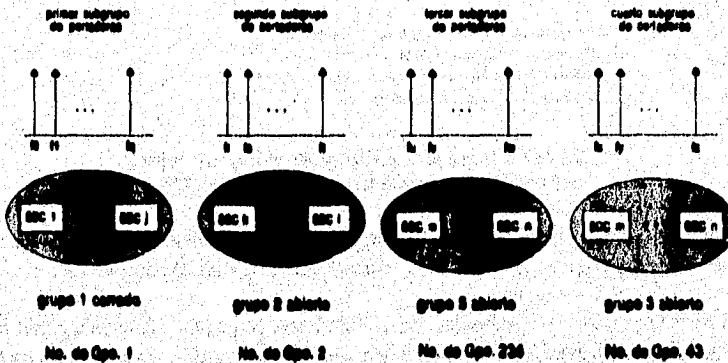
La red NEXTAR utiliza el sistema de videoconferencia en paquete, conocido como Serie AD, cuyas funciones avanzadas, proporcionan una solución versátil de bajo costo para las comunicaciones visuales. Esta serie está diseñada alrededor del codec NEC TC5000EX, el cual proporciona la transmisión de señales de video, audio y datos a través de modems satelitales NEXTAR de canal transparente y velocidad variable, desde 64 Kbps hasta 2.048 Mbps. La serie AD comprende equipo de compresión digital basado en la recomendación de los estándares de la ITU-T (antes conocida como CCITT). Este paquete de videoconferencia proporciona una serie de capacidades mediante un sistema de control remoto, de la cámara local y remota, selección de video extremo y control del codec.

Algunas de las características más sobresalientes de este sistema son:

- Compatible con la recomendación ITU-T H.320
- Velocidad de transmisión seleccionable en el rango de 64 Kbps a 2.048 Mbps

- Formatos CIF/QIF compatibles con la ITU-T además de dos modos propietarios para incrementar la calidad del video a tasas de transmisión bajas (de 112 Kbps a 284 Kbps).
- Compatible con NTSC y PAL.
- Seis ajustes de cámara activados por voz
- Nueve ajustes de posición de la cámara automáticos
- Control local de la cámara en el extremo remoto
- Sistema de codificación de audio de 7 KHz con cancelador de eco integrado
- Dos puertos de datos de baja velocidad más uno de alta para aplicaciones diversas
- Conectividad MCU para videoconferencia multipunto

En la Figura 4.15 podemos observar un diagrama a bloques de la configuración típica de una estación VSAT para aplicaciones de videoconferencia que utiliza el sistema de la serie AD de NEC Co. la cual varía poco con respecto a la que está instalada en la Secretaría de Gobernación [15].



1. Para el Grupo 1, el número de grupo (1), significa que solamente se pueden realizar llamadas entre SDCs de este grupo.
2. Para el Grupo 2, solamente se pueden realizar llamadas entre los SDCs de este grupo, pero de acuerdo al número de grupo (22), del grupo 2, significa que puede recibir llamadas de dicho grupo (2).
3. En el caso del grupo 2, se trata de un grupo que puede realizar llamadas a los SDCs del mismo grupo así como a los SDCs incluidos en el grupo 2, pero no recibir llamadas de este último. También puede realizar llamadas y recibirlas el y desde el grupo 4.
4. El grupo 4 puede recibir y hacer llamadas entre los SDCs de los grupos 3 y 4.

Figura 4.14 Concepto de Grupos en la red DAMA Voz NEXTAR

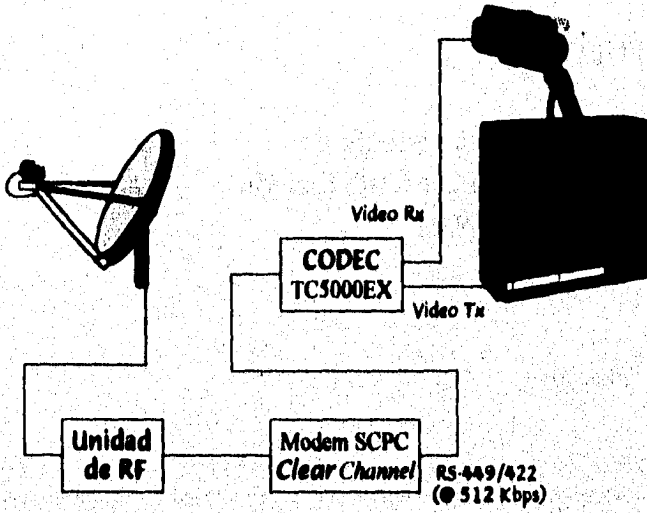


Figura 4.15 Configuración típica de una VSAT para aplicación de videoconferencia AD de NEC Co.

CAPITULO 5

Arquitectura de un sistema de comunicaciones vía satélite basado en la tecnología VSAT

5.1 Introducción

Este capítulo describe la arquitectura de un sistema satelital que proporciona interconectividad de un solo salto entre terminales, en una red VSAT, mediante un análisis parecido al realizado al final del capítulo anterior, pero más detallado (incluye al segmento espacial - satélite) y en este caso escogiendo una implementación del tipo FDMA. El diseño del sistema específico presentado se tomó a partir de diferentes artículos publicados en la revista de la IEEE [33, 36, 37, 38], mismo que opera en banda Ka; sin embargo la arquitectura es igualmente aplicable a sistemas que operan en banda Ku, como veremos en el ejemplo de implementación de un caso práctico en el capítulo 9. El enlace ascendente utiliza el método de acceso múltiple por división de frecuencia FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), lo cual minimiza los requerimientos de potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE), permitiendo una transmisión de la terminal a 288 Kbps en banda Ku y a 64 Kbps en banda Ka, utilizando terminales de apertura de 1.2 m de diámetro. La transmisión en el enlace descendente se realiza a través de un pequeño número de haces rastreadores, cada uno soportando una portadora de banda ancha en TDM. La clave para desarrollar esta tecnología es un demodulador "masivo" basado en la transformada rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform - FFT*), el cual demodula simultáneamente un gran número de portadoras FDMA y produce un tren de datos compuesto, en el cual los símbolos de cada portadora individual de enlace ascendente se encuentran traslapados.

La capacidad de un solo satélite en la arquitectura de este sistema es de 720 Mbps. La economía de un sistema multisatélite está determinada a partir del número de terminales remotas así como del perfil de tráfico postulados como vimos en el capítulo anterior. Como un ejemplo, para proporcionar al operador del sistema una razón del 25 por ciento del capital invertido, el cargo al suscriptor deberá ser del 50.52 por canal/minuto para el servicio de un canal de 64 Kbps en banda Ka [11]. Sobre una base por unidad de ancho de banda, el cargo requerido para banda Ku es menor que para banda Ka por un 30 a 40 por ciento [11].

Debido al dominante incremento de las comunicaciones por fibra óptica para enrutar el tráfico, las comunicaciones satelitales futuras punto a punto consistirán en gran parte de aplicaciones de baja velocidad o banda angosta que involucran terminales fijas o móviles. Las redes satelitales de banda angosta existentes se presentan típicamente en configuraciones de estrella, en las que las VSATs en cuestión se comunican, como ya hemos mencionado con una terminal de mucho mayor diámetro en el HUB. Diseñada para operar con los actuales sistemas satelitales (como el SMS - Sistema Morelos de Satélites y el SSS - Sistema Solidaridad de Satélites en banda Ku), estos sistemas hacen una utilización extremadamente deficiente del ancho de banda. Más aun, las transmisiones entre VSATs debe realizarse mediante 2 saltos satelitales, pasando a través de la terminal del HUB. Esto afecta esencialmente al tráfico de voz, debido al excesivo retardo de propagación durante la transmisión.

Este capítulo describe la arquitectura de un sistema satelital que proporciona una interconectividad completa de salto satelital único, entre terminales remotas de una red VSAT [11].

Debido al gran número de usuarios, esperados, (es decir 10,000 ó más), se ha puesto énfasis en el diseño del sistema, con respecto al costo de las terminales. La minimización del costo de las terminales implica generalmente bajos valores pico de PIRE. Es también importante limitar el tamaño de la terminal, ya que su instalación puede redundar en un incremento del costo total de la instalación de la estación remota. El diámetro de la antena de la terminal se limita a 1.2 m en la mayoría de las redes VSAT, aunque también se utilizan antenas de diámetros que van desde 1.8 hasta 3.8 m, en las zonas donde la precipitación pluvial es muy alta, para compensar los efectos de la interferencia (*fading*) por lluvia, y de esta manera mantener la disponibilidad del sistema. Se ha utilizado el método de acceso múltiple del tipo FDMA para minimizar los requerimientos del PIRE en las estaciones terrenas.

La transmisión en enlace ascendente en acceso múltiple para un satélite que actúa como un conmutador en el espacio, requiere tantos demoduladores a bordo del satélite como portadoras entrantes, como en el caso del ACTS que mencionamos en el capítulo 3. Para limitar el número de demoduladores, es necesario limitar también el número de portadoras. El acceso TDMA satisface esta necesidad, con varios usuarios compartiendo en tiempo cada una de varias portadoras. Sin embargo, el ancho de banda muy amplio de la portadora resultante, redundante en un requerimiento de PIRE muy alto.

Sin embargo, actualmente, existen varios prototipos de demoduladores con especificaciones de consumo de potencia muy bajo, los cuales se presentan como una opción muy atractiva para el segmento de comunicaciones de los satélites. Un demodulador como los mencionados (demodulador "masivo"), acepta como entrada una señal FDMA compuesta y proporciona un tren de pulsos TDM, en el cual los bits demodulados pertenecientes a las señales portadoras de la entrada, están traslapados. Un solo

demodulador "masivo" puede procesar simultáneamente 100 portadoras FDMA, proporcionando por lo tanto una reducción de 100:1 en el número de demoduladores. En contraste con el enlace ascendente, la transmisión en enlace descendente, se efectúa mediante un pequeño número de portadoras TDM de banda ancha. Un procesador de banda base manda a un banco de memoria el número relativamente grande de salidas demoduladas (típicamente 100) y las multiplexa sobre las portadoras de enlace descendente. Se genera un haz rastreador separado para cada portadora de enlace descendente. Cada haz es ubicado entre las huellas de cobertura del enlace descendente, fijándolo en dicha huella el tiempo suficiente para transmitir un número predeterminado de símbolos pertenecientes a cada portadora de enlace ascendente para una de las terminales que estén dentro de la huella de cobertura.

En el siguiente apartado presentaremos características adicionales de la arquitectura del sistema y en los apartados subsiguientes revisaremos los procedimientos para realizar los cálculos de enlace, haremos descripciones de los subsistemas principales del satélite, y un costo y peso estimados de dicho satélite. A continuación se hará una descripción así como una estimación del costo de las terminales. Los diferentes y variados costos de cada subsistema se combinarán, con un tráfico por terminal hipotético, para determinar el cargo requerido al usuario para proporcionar una tasa específica de recuperación del capital invertido. Finalmente, se revisarán las implicaciones del sistema para operar en banda Ku.

5.2 Arquitectura del Sistema.

Los canales satelitales son compartidos en tiempo por los usuarios. Para establecer una conexión al satélite, se hace una solicitud a la estación de control maestra (*Master Control Station - MCS*) a través de un canal de servicio (Figura 5.1). La MCS asigna cualquier canal (para una transmisión simplex) o un par de canales (para una transmisión dúplex) a los usuarios correspondientes.

Cada terminal del usuario está provista con la capacidad para transmitir una portadora única digital de banda angosta. Las portadoras transmitidas por las terminales se distinguen por la frecuencia y/o polarización específica de cada una. Por lo tanto, el grupo de señales portadoras de enlace ascendente se compone de un gran número de portadoras FDMA ubicadas dentro del ancho de banda igual a 500 MHz. Ya que se utiliza una polarización doble se puede tener una reutilización de frecuencia, incrementando el ancho de banda operativo a 1000 MHz.

En la Figura 5.2 se puede ver un diagrama funcional del equipo de comunicaciones del satélite [1]. La antena receptora del satélite produce un número fijo de haces regionales

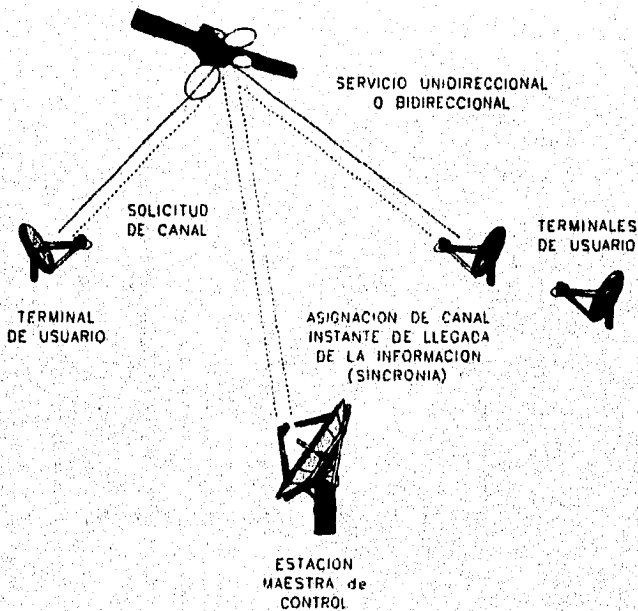


Figura 5.1 Enlaces Satelitales

los cuales proporcionan una cobertura completa de los estados continentales de los Estados Unidos (CONUS) región que se utiliza como referencia para el sistema presentado [11]. Las portadoras recibidas sobre un haz específico son divididas en grupos de tamaño regular, cada uno de los cuales es conducido a un demodulador "masivo". El ancho de banda del demodulador se seleccionará suficientemente amplio como para que la capacidad de manejo de tráfico de cada haz pueda coincidir con el tráfico esperado a través de la asignación de un número apropiado de demoduladores. Si se hace un arreglo para que un cierto número de demoduladores sean conmutables entre haces, esto permitirá el manejo de la distribución de un patrón de tráfico desconocido *a priori* o variable con el tiempo.

La operación eficiente del demodulador depende de la sincronía de los bits entre el demodulador mismo y las transmisiones de la terminal. La sincronía de los bits se logra a través del "tiempo de llegada" de la información proporcionada a las terminales por la MCS [14].

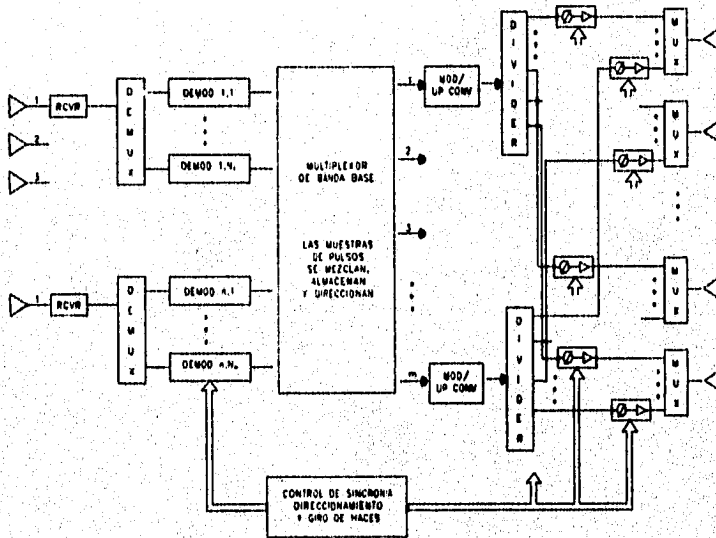


Figura 5.2 Diagrama a bloques de la Carga Util

Las salidas del demodulador "masivo" se envían a un multiplexor de banda base que almacena, ordena y proporciona un formato a los bits de datos para la transmisión en enlace descendente. El número de haces de enlace descendente es considerablemente menor que el número de huellas (de acuerdo a la medición a través del ancho del haz de la antena) necesarias para cubrir a la región de los CONUS [11]. Cada haz de enlace descendente es por lo tanto, programado para rastrear una porción de la región CONUS en un patrón repetitivo. Los bits de datos asignados a un haz para transmisión durante un rastreo completo están organizados de acuerdo a la huella del enlace descendente para la que fueron destinados. De esta manera, ninguna huella es cubierta más de una vez por rastreo por ninguno de los haces.

Como se presenta en la Figura 5.2, cada haz de enlace descendente se forma a través de la división de potencia de la portadora correspondiente, y alimentando las señales resultantes a los módulos asociados con el grupo de elementos radiantes. Cada módulo consiste de un amplificador y un corredor de fase variable. Cada elemento radiante puede ser excitado por la salida combinada de varios módulos, uno por cada portadora de enlace descendente que

se vaya a transmitir por el grupo de elementos. El último puede formar un arreglo radiante o también ser utilizado como un arreglo de alimentadores para la antena de tipo reflector.

Si el tráfico pico del sistema excede la capacidad de un solo satélite, se debe introducir un segundo satélite. La conectividad de un solo salto se puede mantener en un ambiente multisatelital mediante uno de dos métodos: 1) a través de la asignación de dos terminales entre las cuales se establecerá un circuito al mismo satélite, o 2) a través del uso de enlaces intersatelitales. El primer método es la decisión obvia para un grupo de terminales que solamente necesitan comunicarse entre ellas. El segundo método es más general; previene la necesidad de un reapuntamiento frecuente de las antenas de las terminales [11].

5.2.1 Diseño del Enlace.

Se asume que se dispondrá de una tasa de transmisión standard de 64 Kbps para las terminales. Esta tasa de transmisión requiere un transmisor de 2W a 30 GHz en combinación con una antena de 1.2 m de diámetro. Debemos considerar que en la actualidad se dispone de tasas para la voz a 16 Kbps, la cual utilizaremos en lugar de la más común o standard de 32 Kbps [15]. Cada terminal será capaz de transmitir cuatro canales de voz. De manera más general, una terminal podrá soportar varias combinaciones de canales de voz y datos cuya suma será igual a 64 Kbps. Los canales de información de la transmisión de 64 Kbps no necesariamente serán dirigidos a la misma terminal. Al emplearse una transmisión con modulación QPSK en el enlace ascendente, los componentes en cuadratura y en fase se pueden separar en el satélite y retransmitirse a diferentes terminales.

Los enlaces ascendente y descendente son diseñados cada uno para una disponibilidad del 99.5%. Por lo tanto, la disponibilidad del enlace extremo a extremo es, en el peor caso de igual a 99%. Los márgenes de lluvia requeridos para los enlaces ascendente y descendente son de 8 dB y 4 dB respectivamente, excepto para la porción sur de los CONUS [11]. En esta región, se deberán utilizar antenas de 1.8 m de diámetro para igualar la disponibilidad lograda con antenas de 1.2 m de diámetro en cualquier otra región de los mismos CONUS.

Para maximizar la capacidad del sistema, se ha propuesto la transmisión en QPSK para el enlace ascendente. Se emplea una detección diferencial para simplificar el proceso de demodulación en el satélite. La detección diferencial de la transmisión diferencial, en comparación con la detección coherente ha resultado a favor de la segunda por 2.3 dB [32]. El futuro desarrollo en el campo de la microelectrónica y la tecnología de la fabricación de *chips* puede reducir de manera significativa, el costo de la implementación de la detección coherente. En estas condiciones una terminal de baja potencia tendrá un costo competitivo.

Para el enlace descendente, la decisión del tipo de modulación está dictada por la necesidad de minimizar el costo, y por lo tanto la complejidad, de las terminales de los usuarios. Para cumplir con esta condición, se ha optado por la detección diferencial.

También se ha escogido la transmisión en BPSK en lugar de la QPSK debido al requerimiento tan alto de densidad de energía por bit/ruido (E_b/N_0) asociado a las transmisiones QPSK. El gran ancho de banda asociado a la transmisión en BPSK implica la necesidad de un cierto grado de reutilización de frecuencia además de la diversidad de polarización. Estos requerimientos imponen una restricción operacional sobre los patrones de rastreo de los haces de enlace descendente, si se quiere minimizar la interferencia entre haces.

Potencia del Transmisor, dBW	3.0
Pérdida de Línea, dB	-1.0
Ganancia de la Antena (1.2m) en dB	49.2
Pérdida por Apuntamiento, dB	-1.0
PIRE, dBW	<u>50.2</u>
Pérdida de Ruta, dB	-213.7
Pérdida Atmosférica, dB	-0.6
Pérdida por Lluvia, dB	-8.0
SAC de la Ganancia de la Antena (en el límite del haz), dB	<u>33.3</u>
Potencia de la Portadora Recibida, dBW	-118.8
Temperatura de Ruido del Sistema, dB-K	27.6
Constante de Boltzman, dB (W/K-Hz)	<u>-228.6</u>
N_0 , dB(W/Hz)	-201.0
Tasa de Errores (64 Kbps), dB/seg	48.1
E_b/N_0 , dB	14.1

Tabla 5.1 Cálculo de enlace ascendente (29.5 GHz)

Para proporcionar la calidad del enlace requerida, asumida para cumplir con una tasa de error por bit (BER) de 10^{-7} , se empleará una técnica de corrección de errores de extremo a extremo. El uso de la decodificación por *soft-decision* en las estaciones terrenas implicará una condición negativa para el proceso de demodulación a bordo del satélite. Por lo tanto, se utilizará una técnica de *hard-decision* en combinación con una tasa de codificación igual a 3/4. La tasa de 3/4 del codificador representa un compromiso entre la ganancia del método de codificación y la expansión del ancho de banda de la portadora.

Los cálculos de enlace para los enlaces ascendente y descendente se presentan en las Tablas 5.1 y 5.2 respectivamente [11]

Cada enlace se diseña nominalmente para un BER en la decodificación igual a 10^{-7} (una calidad ficticia en el caso del enlace ascendente debido a la codificación extremo a extremo). Los valores requeridos de E_b/N_0 incluyen un margen de implementación de 3 dB (es decir a partir del teórico). Además, la pérdida de E_b/N_0 debida a la detección diferencial es de 2.3 dB sobre el enlace ascendente (para QPSK) y 0.6 dB sobre el enlace descendente (para BPSK) [32].

La calidad requerida de la señal del enlace ascendente se logra mediante el diseño apropiado de la antena receptora del satélite, mientras que la calidad de la señal del enlace descendente depende de la selección apropiada del PIRE del satélite a la estación terrena. De acuerdo a esto, la ganancia de la antena a la recepción deberá ser por lo menos de 33.3 dB a través de la región de cobertura (CONUS). Para la tasa de transmisión de datos para el enlace descendente de 180 Mbps por haz, el PIRE del satélite deberá ser por lo menos de 63.1 dBW [11].

PIRE, dBW	63.1
Pérdida de Ruta, dB	-210.2
Pérdida Atmosférica, dB	-0.8
Pérdida por Lluvia, dB	-4.0
E/S de la Ganancia de la Antena, dB	45.8
Pérdida por Apuntamiento, dB	-0.8
Pérdida de Línea, dB	-1.0
Potencia de la Portadora Recibida, dBW	-107.9
Temperatura de Ruido del Sistema, dB-K	25.7
Constante de Boltzman, dB (W/K-Hz)	-228.6
N_0 , dB(W/Hz)	-202.9
Tasa de Errores (180 Mbps), dB/seg	82.6
Fib/No, dB	12.4

Tabla 5.2 Cálculo de enlace descendente (19.7 GHz)

La capacidad del satélite está determinada por las consideraciones del enlace ascendente. Con la transmisión en QPSK y una tasa de codificación de 3/4, la tasa de transmisión de símbolos para una portadora de 64 Kbps es igual a 42.67 Kbps. Para propósitos de una demodulación múltiple, la separación entre portadoras deberá ser dos veces la tasa de transmisión de símbolos, o sea 85.33 KHz. El ancho de banda efectivo de 1,000 MHz puede acomodar a 11,718 portadoras de este tipo o, equivalentemente, una tasa de transmisión de datos compuesta de 750 Mbps. Dejando disponibles 30 Mbps para el sobre-

encabezado (*overhead*) del enlace ascendente, resulta en una eficiencia contra tiempo de respuesta del satélite igual a 720 Mbps [11].

Para soportar esta eficiencia contra tiempo de respuesta (*throughput*), se transmiten dos portadoras de enlace descendente de 180 Mbps en cada polarización. Con una codificación de 3/4 y una modulación BPSK, cada portadora soporta una tasa de transmisión de 240 Mbps. Con una razón de ancho de banda - tasa de transmisión de símbolos de 1.5, cada portadora de enlace descendente ocupa 360 MHz. Con un ancho de banda operativo de 500 MHz para cada polarización, las dos portadoras similares pero polarizadas, tendrán espectros traslapados. Como se comentó antes, este traslapamiento causará algunas restricciones en la operación de los patrones de rastreo de los haces del enlace descendente.

5.2.2 Antena Receptora del Satélite

El número requerido de haces de enlace ascendente está determinado por la especificación de ganancia mínima de 33 dB. Para una cobertura angular dada, la ganancia en el contorno del haz es maximizada si se toma a 4.3 dB debajo de la ganancia pico. Por lo tanto, la ganancia pico debe ser igual a 37.6 dB. Esta ganancia proporciona una cobertura del haz (es decir un ancho del haz de 4.3 dB) de 2.56 grados. Ocho de estos enlaces, formando el patrón de la Figura 5.3, son necesarios para lograr la cobertura en la región de los CONUS [11].

La parte del espectro de frecuencia, y correspondientemente el número de demoduladores masivos, asignado a cada haz de enlace ascendente es proporcional al tráfico presentado por las terminales del usuario localizadas dentro del área de cobertura del haz. La banda de frecuencia asignada a un haz determinado puede ser restringida a tener una sola polarización, o puede ser dividida en dos polarizaciones. Se ha seleccionado la primera alternativa debido a que solamente requiere un puerto por cada corneta alimentadora y conduce a una configuración simple del repetidor.

Restringiendo a cada haz a una polarización simple se tiene un efecto de dividir el ancho de banda disponible de 1,000 MHz en dos particiones de 500 MHz. Consecuentemente, el sistema se satura una vez que el tráfico combinado en los haces asignados a cada polarización requiere un ancho de banda de 500 MHz. La eficiencia contra el tiempo de respuesta (*throughput*) del satélite el cual alcanza su punto de saturación se puede incrementar, sin embargo, si se saca ventaja del haz traslapado en la Figura 5.3 [11]. Los usuarios localizados en las áreas traslapadas se pueden asignar a cualquiera de los dos haces satelitales. Si los dos haces tienen polarizaciones opuestas, una asignación apropiada de los usuarios por haz, puede ayudar a balancear la división del tráfico entre las dos polarizaciones.

La implementación del patrón de los haces en la Figura 5.3 se toma difícil cuando se utiliza una antena multihaz (*MultiBeam Antenna* - MBA), debido a que el diámetro de la corneta del alimentador requerido para una eficiencia de apertura alta excede el espaciamiento

entre alimentadores correspondiente al patrón de haces buscado, para un arreglo de un solo haz por alimentador (no se han considerado configuraciones de arreglos de alimentadores traslapados más complejas). Este problema se resuelve, sin embargo, mediante la utilización de reflectores parabólicos de tipo *offset*. Dos de los reflectores son alimentados por tres cornetas (por los subgrupos 1 y 2 en la Figura 5.3), y el tercero por un par de cornetas (para el subgrupo de haces número 3). Con este arreglo, el espaciamiento de los alimentadores de corneta se puede incrementar para proporcionar la eficiencia de apertura deseada. El diámetro del reflector necesario para generar los 2.36 grados de ancho del haz es de solamente 35.56 cm [7].

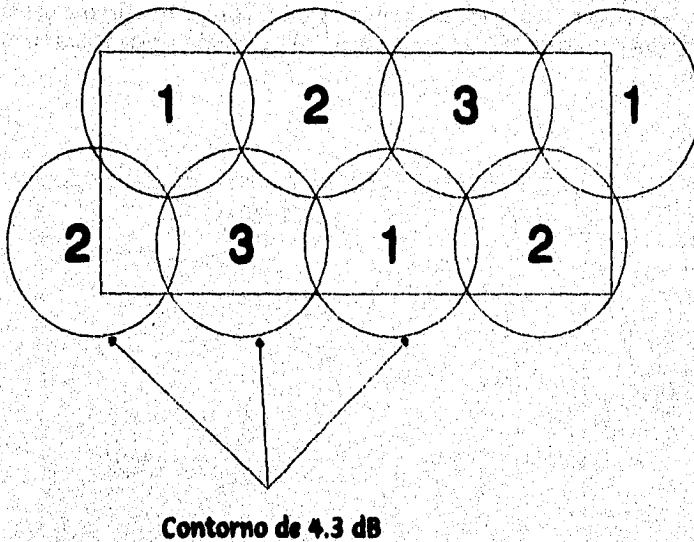


Figura 5.3 Patrón de haces ascendentes

5.2.3 Demoduladores Masivos

Los requerimientos de potencia de un grupo de demoduladores masivos que cubren un ancho de banda fijo (1,000 MHz en este caso) depende del ancho de banda de un solo demodulador. La fijación del ancho de banda del demodulador (y por lo tanto el número de demoduladores) también se establecen los requerimientos de conectividad del multiplexor de banda base en la Figura 5.2 [11].

Los requerimientos de potencia total para un complemento del demodulador suficiente para abarcar un ancho de banda de 1,000 MHz es mostrado en la Figura 5.4 como una función del número de canales por demodulador. Se han dibujado las curvas para los demoduladores de transformada rápida de Fourier para la operación de la terminal tanto en modo síncrono como en modo asíncrono, así como para demoduladores del tipo de onda acústica de superficie (*Surface Acoustic Wave -SAW*). El requerimiento tan alto de potencia para la operación de la terminal en modo asíncrono es atribuible a la necesidad de tasas de muestreo altas (2 o 3 veces más altas), para el traslapamiento de la FFT y para las operaciones combinadas. Los requerimientos de potencia para la FFT se basan en la integración a muy alta escala (VLSI) y los proyectos de los procesadores de señales (en una oblea de silicio) que se han implementado en los 10 últimos años [1]. La curva SAW está basada en el consumo de potencia de 256 watts por 100 canales. Esta figura está basada en la experiencia con los demoduladores del tipo SAW que están siendo utilizados en otros satélites.

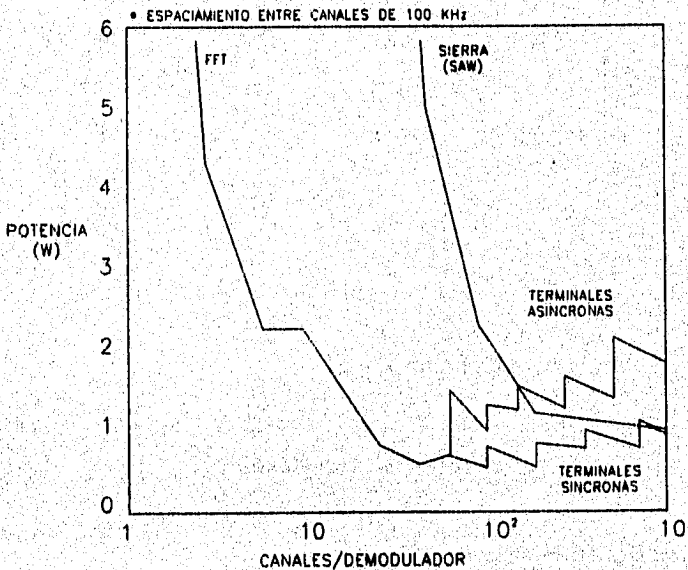


Figura 5.4 Requerimientos de potencia del Demodulador Masivo

Las curvas en la Figura 5.4 indican una región, en la aproximación de 50 a 200 canales por demodulador FFT para operación síncrona, sobre los cuales la potencia requerida tiende a ser minimizada. El ancho de banda del demodulador correspondiente es de 5 a 20 MHz. Se requieren un total de 50 a 200 de estos demoduladores para un ancho de banda de la señal compuesta de 1,000 MHz. El diseño del sistema se basará en un complemento de 100 demoduladores múltiples, cada uno cubriendo un ancho de banda de 10 MHz con capacidad de 100 canales. Esta opción permite al demodulador cumplir con el manejo de tráfico en cada haz de enlace ascendente para una precisión mejor del 1 por ciento de la capacidad del satélite. La potencia del demodulador requerida es del orden de los 800 watts (11).

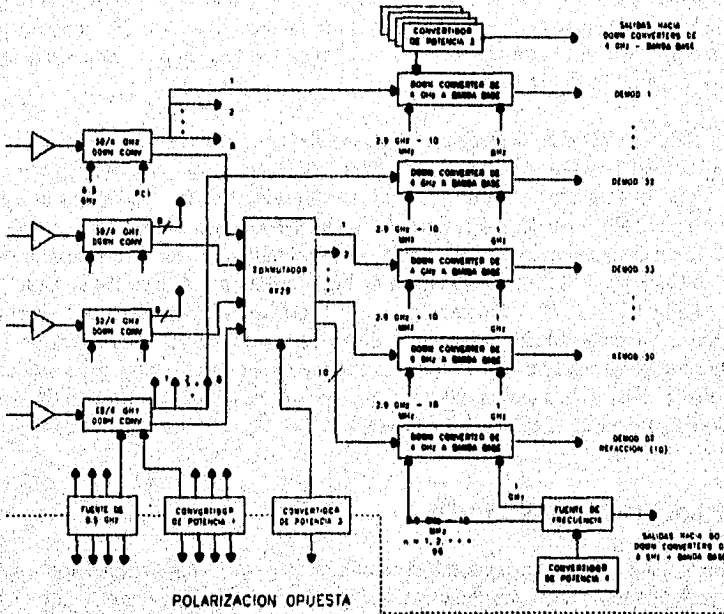


Figura 5.5 Diagrama a bloques del Receptor/Demultiplexor

5.2.4 Sección Receptora/Demultiplexora

La sección receptora/demultiplexora del repetidor del satélite acepta transmisiones del usuario desde cada una de las ocho regiones del CONUS, convierte las señales recibidas a

banda base, y enruta a estas señales resultantes al demodulador correspondiente. En la Figura 5.5 se muestra un diagrama a bloques funcional de esta sección del repetidor. Se presenta solamente la parte correspondiente a una sola polarización.

Un demodulador individual acepta una señal compuesta con un ancho de banda de 10 MHz. Cada uno de los 50 demoduladores asociados a una polarización debe ser conectado a un haz de enlace ascendente para el cual han sido asignados sus 10 MHz de ancho de banda. También debe ser provisto con un convertidor de bajada que traslade el segmento de 10 MHz a banda base (es decir de 1 a 11 MHz). Se asume que, de los cincuenta segmentos de 10 MHz en cada polarización, 32 se han asignado permanentemente a haces particulares de enlace ascendente. Por simplicidad, estos 32 segmentos se muestran en la Figura 5.5 como una distribución uniforme entre los cuatro haces de enlace ascendente y asignados a los demoduladores números 1 al 32. Los dieciocho segmentos restantes de 10 MHz, correspondientes a los demoduladores números 33 al 50, se pueden asignar a cualquiera de los cuatro haces de enlace ascendente mediante un conmutador de 4×28 . Las conexiones se han escogido para coincidir con la división del tráfico por región geográfica variable con el tiempo entre los cuatro haces [11].

Además de los primeros 50 demoduladores, los cuales tienen una asignación de frecuencia RF fija, se han previsto 10 demoduladores de refacción para cada polarización. Los convertidores de bajada que preceden a estos demoduladores tienen osciladores locales de frecuencia variable. Los demoduladores de refacción también sirven para prevenir la utilización del canal reducida debida a una división del tráfico del haz de enlace ascendente el cual no corresponde a un múltiplo entero de los 10 MHz en cada haz. Por ejemplo, para dividir un segmento de 10 MHz dado entre dos haces, cada salida de un haz deberá ser conectada a un demodulador asignado a dicho segmento de 10 MHz. Uno de estos demoduladores será seleccionado de entre los complementos de refacción. A las salidas del demodulador, solamente aquellas muestras correspondientes a los canales ocupados serán alimentadas a los haces de enlace descendente.

5.2.5 Antena Transmisora del Satélite

Se requiere que la antena transmisora del satélite genere cuatro haces rastreadores de una huella, cada uno soportando una portadora de 180 Mbps y produciendo un PIRE de 63.1 dB (a una ganancia de la antena de 4.3 dB debajo del valor pico). Se han considerado dos configuraciones de antenas, un reflector parabólico iluminado por un arreglo en fase utilizando un sub-reflector Gregoriano, y un arreglo en fase de apertura activo [7]. La antena de reflector doble de arreglo de alimentadores, mostrada en la Figura 5.6, fue seleccionada debido a las dimensiones reducidas de dicho arreglo. Este incurre, sin embargo, en una pérdida de rastreo la cual no se presenta en un arreglo radiante directo.

El ancho del haz de la antena de reflector de arreglo de alimentadores está determinado por el tamaño del reflector principal, D_1 . El tamaño del arreglo D_2 es menor que D_1 por el

factor de magnificación, M . Un valor más grande de M resulta en una pérdida de rastreo mayor. Un valor de M igual a 3 proporciona un buen compromiso entre los objetivos dobles de minimizar tanto el tamaño del arreglo como a la pérdida de rastreo [7].

Un arreglo de dimensiones específicas se simplifica mediante la reducción del número de elementos. El espaciamento máximo permisible entre elementos está dictado por las consideraciones de un gran lóbulo lateral. La generación de lóbulos laterales grandes puede producir interferencia entre haces, así como una disminución en la ganancia del lóbulo principal. Desde un punto de vista de interferencia, es suficiente evitar la generación de grandes lóbulos laterales dentro del área de cobertura. Para cualquier arreglo de contorno hexagonal, un espaciamento de elementos mínimo de $1.84\lambda = 2.79$ cm es suficiente para estos propósitos [7].

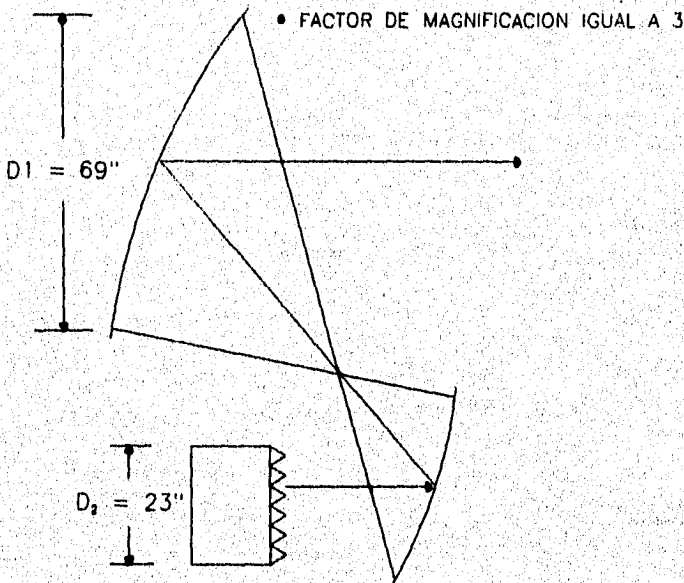


Figura 5.6 Arreglo de alimentadores en fase para la antena transmisora

Para valores fijos de M , el espaciamento entre elementos, o sea el punto clave en el diseño del arreglo está expresado por:

$$PIRE = P_{TOT} N_E = P_E N_E^2$$

donde N_E es el número de elementos, P_E es la potencia de RF por elemento, y P_{TOT} es la potencia total de RF. La validez de la proporcionalidad inicial resulta del hecho que, para un espaciamento entre elementos fijo, N_E es proporcional al área del arreglo, la cual para un valor de M fijo, es proporcional al área del reflector principal y por lo tanto a la ganancia del reflector [7].

La configuración seleccionada tiene un diámetro del reflector principal igual a 1.75 m y un arreglo de alimentadores de 331 elementos. El ancho del haz de 4.3 dB es de 0.9 grados. Se requieren al rededor de 60 huellas de este tamaño para cubrir a la región de los CONUS [11]. La potencia de RF por portadora es de 97 watts mientras que la potencia/portadora/elemento radiante de RF es de 290 mW.

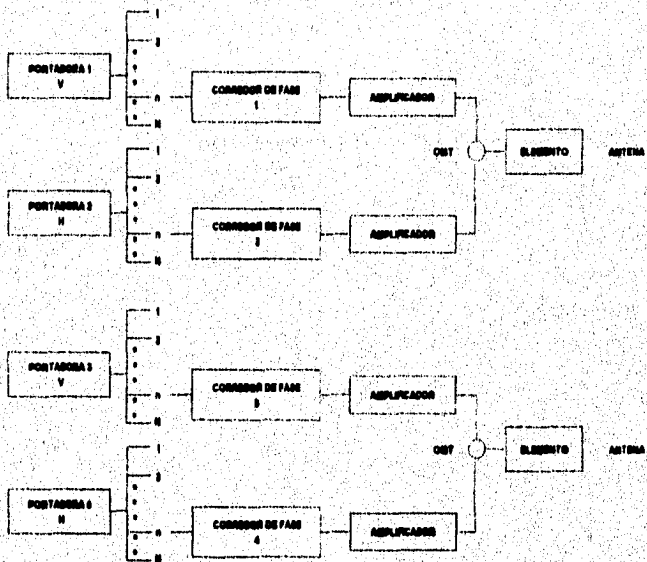


Figura 5.7 Configuración de dos antenas de transmisión

En la Figura 5.7 se muestra el método usual para la implementación de cuatro haces rastreadores simultáneos. Después de la división de potencia, cada portadora es pasada a través de un combinador amplificador corredor de fase por cada elemento radiante. Con N elementos y cuatro haces, se requieren un total de $4 \times N$ corredores de fase y $4 \times N$ amplificadores. A continuación de la amplificación, las portadoras son combinadas en

peres. Las portadoras en cada par se acondicionan con polarización circular ortogonal haciéndolas pasar a través de un transductor de modo ortogonal (*Orthomode Transducer - OMT*) previo a la excitación del elemento radiante. Se emplean dos antenas separadas, una para cada par de portadoras.

El uso de un amplificador separado para cada portadora permite la operación en saturación y evita la generación de productos de intermodulación, los cuales reducen la potencia de salida útil y aumentan el nivel del ruido de fondo [7]. Además, el OMT resulta en una combinación de portadoras sin pérdidas esenciales a continuación de la amplificación. Por lo tanto, esta configuración minimiza los requerimientos de alimentación de corriente directa para una configuración dada de elementos radiantes. La desventaja obvia es la necesidad de dos antenas separadas.

La eficiencia de la conversión de CD a RF de un amplificador de GaAs operando a 20 GHz en la zona de saturación es de aproximadamente 25 por ciento. Por lo tanto, la potencia total de CD requerida para las cuatro portadoras de enlace descendente (siguiendo la conversión de potencia) es de aproximadamente 1600 watts [1].

5.2.6 Multiplexor de Banda Base

El multiplexor de banda base combina la salida de los 100 demoduladores múltiples en cuatro trenes de datos de enlace descendente. Un parámetro clave del sistema es el número de bits de cada canal de enlace ascendente de 64 Kbps almacenado por el multiplexor y subsecuentemente transmitido como una unidad sobre el enlace descendente. En un extremo, cada símbolo tetrafásico de enlace ascendente podrá ser tratado como una entidad independiente. Sin embargo, esto requerirá un movimiento irrazonablemente rápido de los haces de enlace descendente. Suponiendo que cada uno de los cuatro haces requiere transmitir en 30 de las 60 huellas que cubren a la región de los CONUS. Además, asumimos que el tiempo permitido para realizar las conmutaciones de las posiciones de los haces es de 2 por ciento del tiempo de ubicación promedio. El tiempo de conmutación del haz requerido para la transmisión separada de cada símbolo en enlace descendente será entonces, de solamente 16 nseg [11].

El tiempo permitido para la conmutación de los haces se incrementa en proporción al número de símbolos de enlace ascendente por canal almacenados previamente a la transmisión de enlace descendente. Esta relación se anota en la Tabla 5.3 para diferentes números de huellas/haz cubiertas durante un solo rastreo. Los tiempos de conmutación de haces en el orden de los 100 nseg son factibles. Por lo tanto, al menos cuatro bits por canal deberán ser almacenados y transmitidos como una unidad para el caso de las 30 huellas/haz. Este número mínimo implica que 112 Kbits de datos son contenidos por el multiplexor en cualquier momento. El tiempo de conmutación de haz permisible se puede incrementar hasta en 400 nseg mediante el incremento del almacenaje de datos a bordo a 560 Kbits.

El número mínimo de huellas/haz está influenciado por las características de polarización de la terminal del usuario. Supongamos que cada terminal requiere transmitir y recibir en polarización opuesta. Si se utiliza solamente una polarización en cada haz de enlace ascendente, aproximadamente la mitad de huellas de enlace descendente contendrán terminales que transmitan en una sola polarización, y la otra mitad contendrá terminales que transmitan con la polarización opuesta. En este caso, los dos haces de enlace descendente con una polarización dada necesitarán cubrir la mitad de las 60 huellas entre ellos; por lo tanto un solo haz deberá cubrir 15 huellas. Por otro lado, si se permiten ambas polarizaciones en cada haz de enlace ascendente, cada huella deberá ser enfocada por al menos uno de los haces de enlace descendente en cada polarización. En esta situación, cada haz de enlace descendente deberá cubrir 30 huellas.

1	22.5	32	16	8
5	112.5	160	80	40
25	562.5	800	400	200

Tabla 5.3 Almacenamiento de datos a bordo contra el tiempo de conmutación del haz de enlace descendente

5.2.7 Potencia, Peso y Costo del Satélite

En la Tabla 5.4 [11] aparecen el peso del equipo de comunicaciones y un sumario de la potencia. Los requerimientos de potencia están dominados por el par de arreglos transmisores. El arreglo total de potencia de 3 KW incluye, además del previo mencionado de 1.6 KW para los amplificadores finales, potencia para operar a los corredores de fase, controladores de los corredores de fase, y amplificadores divisores de potencia así como también las pérdidas de conversión de potencia. Otros elementos consumidores de potencia son los demoduladores masivos y la sección receptora/demultiplexora. La última contribución es atribuible principalmente a las fuentes de frecuencia y a los varios convertidores de bajada de 4 GHz/banda base.

Existen tres principales, y casi iguales, elementos que contribuyen al peso de la sección de comunicaciones de aproximadamente 500 Kg.: la sección receptora/demultiplexora, los demoduladores múltiples y los arreglos de transmisores.

Antenas Receptoras	4.33	
Receptor/Demultiplexor	140.61	755
Demoduladores Masivos	136.07	1,020
Multiplexor de Banda Base	18.14	150
Moduladores	6.80	50
Arreglos de Transmisores	136.07	2,980
Total	442.22	4,935

Tabla 5.4 Sumario de potencia y peso de la Carga Util

Los requerimientos de potencia de varios subsistemas del satélite se registran en la Tabla 5.5 [11]. Los requerimientos de eclipse están basados sobre el sostenimiento del 25 por ciento de la capacidad completa de comunicaciones. En la Tabla 5.6 [11] aparece el peso estimado del satélite. Mientras que el peso de la sección de comunicaciones representa el 72 por ciento de los requerimientos de potencia del satélite, esta misma representa tan solo el 19 por ciento del peso total del satélite. Aunque el peso del satélite en sí mismo es grandemente atribuible a los requerimientos de potencia, se ha determinado que una reducción de la potencia de la sección de comunicaciones hecha posible por el incremento en el tamaño de los arreglos de transmisores (es decir mediante el incremento en el número de elementos manteniendo fijo el espaciamiento entre dichos elementos) tiene un efecto mínimo en el peso total del satélite.

Carga Util	4,995	1,240
Mecánica	100	20
Control Térmico	75	200
Administración de Datos	250	250
Telemetría y Telecomando	200	200
Propulsión	100	100
GN&C	400	400
EPS	770	260
Total	6,830	2,670

Tabla 5.5 Requerimientos de potencia del Satélite

Carga Util	443
EPS	817
Control Térmico	263
Propulsión	354
Administración de Datos	68
Telemetría y Telesomando	68
GN&C	91
Subtotal	2,103
Estructura al 10%	211
Margen al 10%	231
Total	2545

Tabla 5.6 Cálculo del peso del Satélite

En la Tabla 5.7 se proporciona una estimación del costo del satélite. El costo no recurrente es de 110 millones de U.S.D. y el de la primera unidad sería de 113 millones de U.S.D.. Las unidades subsiguientes tendrían un costo al rededor del 90 por ciento de este costo [11].

Carga Util	54.3	60.8
Lanzamiento	42.3	36.6
Ingeniería de Sistemas	4.7	1.8
Administración del Programa	2.8	5.4
Seguro	0.9	0.9
Ensamblaje, Integración y Prueba	4.7	7.3
Total	109.7	112.8

Tabla 5.7 Sumario del costo del Satélite

5.3.8 Diseño y Costo de la Terminal del Usuario

Las terminales del usuario deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

- Transmisión de una sola portadora QPSK, a 64 Kbps
- Rango de frecuencia igual a 500 MHz.

- Transmisión (opcional) ya sea con polarización circular de mano derecha o mano izquierda, y recepción en la polarización opuesta.
- Potencia del transmisor de 2 W.
- Temperatura de ruido de la ganancia/sistema de la antena (G/T) igual a 18.3 dBK.
- Detección diferencial de las ráfagas BPSK sobre portadoras de 240 Msp; recepción a cualquiera de dos frecuencias y sobre cualquier polarización.
- Provisión de la capacidad para voz y/o datos.

Además de estos requerimientos técnicos, el diseño de la terminal fue influenciado por los siguientes factores:

- Minimización de costos recurrentes.
- Producción de las terminales en grandes cantidades (por ejemplo aproximadamente 10,000 unidades).

En la Figura 5.8 se muestra un diagrama a bloques de la terminal del usuario. La terminal está particionada en seis sub-ensambles, designados como A1 al A6. En la Figura 5.9 se puede apreciar una terminal basada en estos seis sub-ensambles [11].

La portadora recibida puede ser a una de dos frecuencias. Se proporcionan dos demoduladores BPSK, con frecuencias centrales de 3.88 y 4.02 GHz. La selección de la frecuencia apropiada se realiza a nivel de banda base. Se puede utilizar en su lugar, un solo demodulador con una conmutación de transferencia, a un costo comparable. Sin embargo, los demoduladores dedicados son más confiables.

La recuperación del reloj es un punto clave. Debido a que la transición de símbolos de ráfaga a ráfaga está espaciada por múltiplos de la longitud del baud, la recuperación del reloj durante el inicio puede tener lugar en varias ráfagas, con una técnica de "flywheeling" utilizada para reconocer las transiciones de símbolos durante las comunicaciones de entrada. Los datos sincronizadores de bits y las salidas de reloj, son convertidas a señales ópticas y transmitidas al equipo de electrónica interno, vía un cable A3 de fibra óptica.

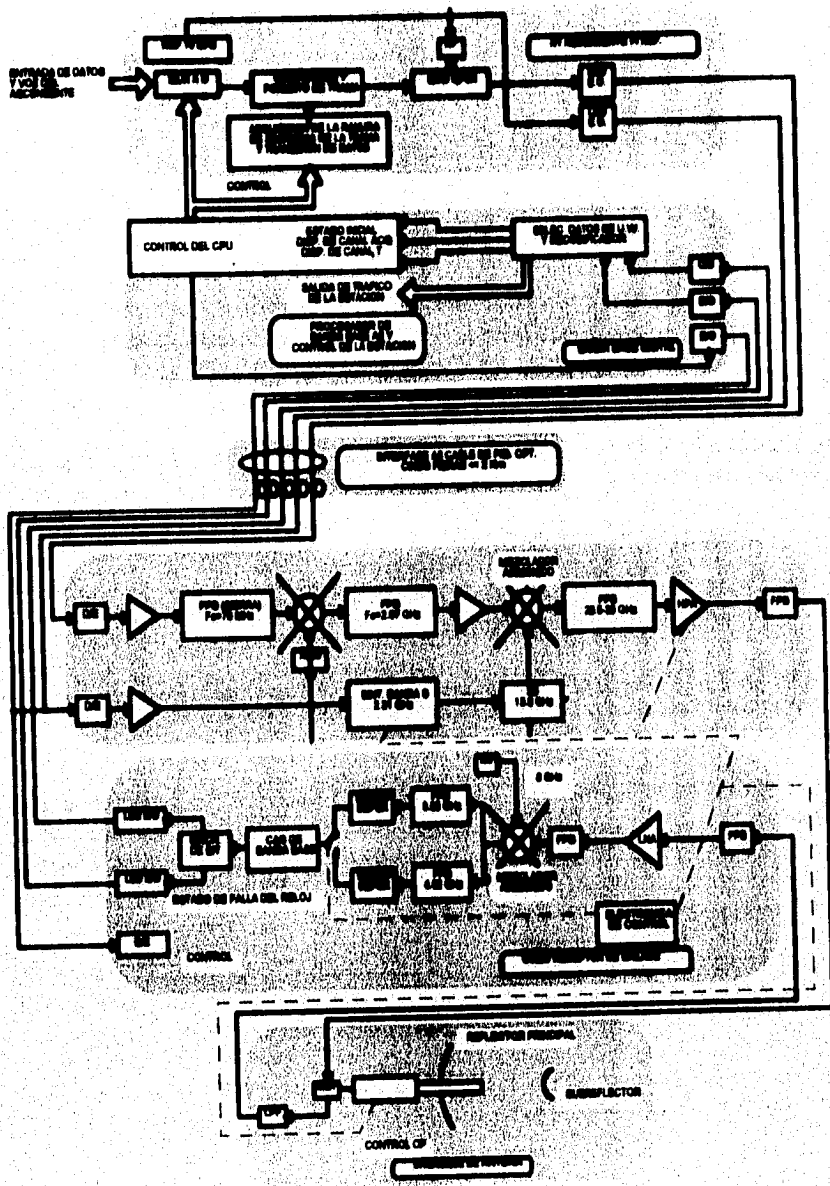


Figura 5.8 Diagrama a bloques de la terminal del usuario

A1	2,050
A2	1,200
A3	325
A4	7,760
A5	5,065
A6	2,750
Instalación (Interna/Externa)	400
Suministro	400
Integración y Prueba	1,500
Utilidades	2,225
Total	24,475

Tabla 5.8 Estimación del costo de la terminal del usuario

El costo de la terminal especificado por sub-ensamblaje se especifica en la Tabla 5.8. El costo de los componentes está basado tomando en cuenta la producción de 10,000 unidades.

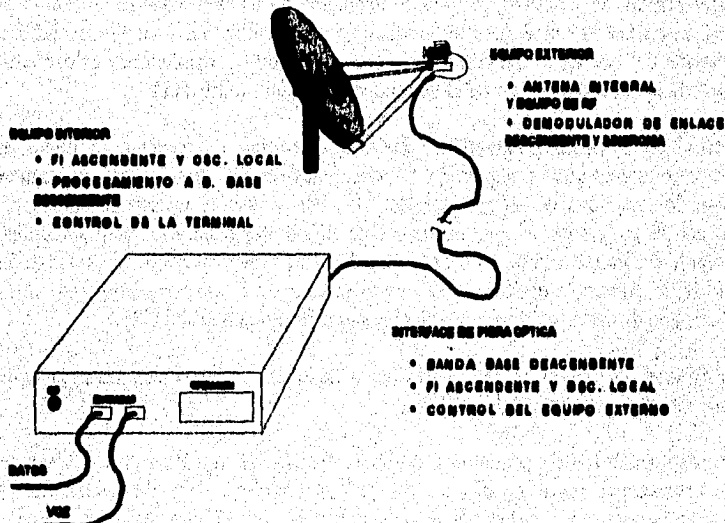


Figura 5.9 Configuración de la terminal del usuario

El costo de U.S.D. 25,000 por terminal incluye un 10 por ciento de utilidad. Los componentes de mayor costo incluyen el HPA de 2 watts (54,000) y el LNA (52,000).

5.2.9 Cargo Para el Abonado

Para propósitos del cómputo del cargo impuesto al abonado del sistema, se asume que las terminales del usuario son propiedad del operador del sistema. Por lo tanto, el cargo al abonado es un cargo que incluye todo, o sea, incluye tanto el uso del segmento espacial, como el de comunicaciones. En la práctica el cargo al abonado deberá constar de dos componentes: 1) una cuota mensual mínima por el acceso al sistema, incluyendo el uso de las terminales ubicadas en las instalaciones del usuario; y 2) un cargo por utilización basado en el número de canales por minuto por mes correspondiente a una terminal específica. Por simplicidad, se asume un factor común de actividad por terminal. Consecuentemente, se impone un cargo uniforme por servicio, basado en el número de minutos de actividad de la terminal por mes. En México un operador de servicios como éste, aunque no es dueño del satélite, es TELMEX, y cobra cargos de este tipo, además de éste existen otros "carriers" o telepuertos como Infratel, y el mismo SCT, cuyas tarifas son similares.

El cargo al abonado es calculado para proporcionar una tasa específica de recuperación del capital invertido. Se asume un periodo de operación de 10 años. Este es precedido por un periodo de 4 años para el desarrollo, producción y lanzamiento del satélite inicial. La vida útil restante del satélite al momento de la conclusión de las operaciones es contabilizada mediante la introducción de un valor de recuperación del satélite [11].

Por virtud de acuerdos contractuales previos, el tráfico del sistema al inicio de las operaciones supone que se requerirán 5,000 canales de 64 Kbps, o aproximadamente la mitad de la capacidad de un solo satélite. Además se asume un crecimiento anual del tráfico del 20 por ciento. El número de canales satelitales necesarios para acomodar este crecimiento de tráfico al inicio de cada año de operaciones se anota en la Tabla 5.9. El número correspondiente de satélites en órbita aparece en la columna adyacente. Al inicio del año 2, uno de estos satélites funcionará como refacción en órbita [11].

Como mínimo, el número de terminales ubicadas en las instalaciones del usuario deberá ser igual a la demanda de canales máxima.

Este número mínimo de terminales es suficiente solo si se satisfacen dos condiciones: 1) cada terminal activa es contratada para trabajar con una transmisión *dúplex* (es decir, tanto las terminales como los canales son ajustados para formar circuitos *dúplex* de 64 Kbps), y 2) en el pico de la carga de satélite, todas las terminales están activas. Con respecto a la primera condición, el extremo opuesto deberá ser para cada par de terminales para trabajar en un solo sentido o transmisión *simplex*.

Este modo de operación resultará en un complemento de terminales el cual es dos veces el número máximo de canales activos. La segunda condición tenderá a cumplirse si cada terminal fue diseñada para soportar un número sustancial de transmisiones independientes (por ejemplo una portadora T1). En la instancia presente, con trenes de bits independientes de uno a cuatro por terminal, un número significativo de terminales estarán ocupadas durante el periodo de tráfico pico. Para hacer posible las transmisiones *simplex* y terminales libres, el número de terminales instaladas (relativas a la demanda pico del canal) es planeada paramétricamente en el cálculo del cargo por abonado.

El número mínimo de terminales necesarias para manejar el tráfico que se presentará al final de cada año se muestra en la última columna de la Tabla 5.7. Las cantidades indican el número de terminales que deberán agregarse cada año. En el caso de la primera cantidad, indica que serán necesarias 5,000 terminales al inicio de la operación del sistema, y serán necesarias 1,000 más para manejar el incremento de la actividad pico del canal durante el primer año. Cada cantidad sucesiva es el 20 por ciento del total acumulado hasta ese punto, correspondiente al 20 por ciento anual de la tasa de crecimiento del tráfico [11].

Año		Terminales	
1	5,500	1	5,000 + 1,000
2	6,000	2	1,200
3	7,200	2	1,440
4	8,460	2	1,728
5	10,368	3	2,074
6	12,442	3	2,448
7	14,930	3	2,986
8	17,916	3	3,583
9	21,500	4	4,300
10	25,799	4	5,160
			<u>30,959</u>

Tabla 5.9 Perfiles de la terminal de tráfico y terminal del usuario

La Tabla 5.7 indica que cuatro satélites (incluyendo uno refacción) serán necesarios para manejar el tráfico final del sistema. En vez de realizar un gasto para una póliza de seguros que cubra el lanzamiento y las operaciones de puesta en órbita (el costo, y de hecho, la disponibilidad de lo que hasta ese momento será una incógnita), el operador del sistema asumirá el costo de la construcción de un quinto satélite. Este último servirá como una refacción en tierra, ya que se puede presentar una falla en órbita.

Los costos del satélite presentados previamente, representan los costos de los fabricantes. Se agrega un 12 por ciento de utilidad para sufragar el gasto del satélite hecho por el

operador del sistema. Como se comentó previamente, el costo por unidad de la terminal es igual a U.S.D. 25,000. El principal costo restante del sistema es el cargo para colocar el satélite en órbita geostacionaria; este es aproximadamente de U.S.D. 120 millones.

El ingreso anual derivado de cada canal activo se muestra en la Tabla 5.10 para varias tasas de recuperación y para configuraciones de las terminales iguales a uno, dos, y tres veces el mínimo ajuste de valores [11]. El cargo correspondiente por minuto es derivado de la suposición que la utilización del canal promedio será de 9,000 minutos por mes, lo cual equivale a un poco más que 7 horas por mes por día hábil. Los resultados se presentan en la Tabla 5.11.

20	37.1	46.5	55.8
25	44.9	56.6	67.4
30	55.8	68.1	80.3

Tabla 5.10 Utilidad requerida (8000 U.S.D. por canal-año)

20	34.4	43.1	51.7
25	42.5	52.4	62.4
30	51.7	63.1	74.4

Tabla 5.11 Cargo por el servicio al abonado
(¢ de U.S.D. por canal-minuto)

5.2.10 Sistema en Banda Ku

Es posible obtener un sistema con un aprovechamiento de la potencia más eficiente, basado en la banda Ku, debido a los márgenes de atenuación por lluvia más bajos. En este caso, una terminal con una antena de 1.2 m de diámetro con un transmisor de 2 watts puede soportar una tasa de transmisión de aproximadamente 288 Kbps, el cual es dos veces la tasa estándar para una red digital de servicios integrados (ISDN - Integrated Services Digital Network) misma que es de 144 Kbps. Se supondrá que las terminales del usuario transmiten tanto a 144 Kbps como a 288 Kbps.

El impacto más significativo de las terminales de alta tasa de transmisión es que el número complementario de terminales necesarias para lograr una eficiencia del canal contra tiempo de respuesta es mínimo. Además, el costo de una terminal para banda Ku es menor, por quizá un 20 por ciento del costo de una terminal para banda Ka, principalmente debido al costo más bajo de los componentes para RF. Por lo tanto, el costo del segmento terrestre necesario para soportar un nivel de tráfico del sistema dado es considerablemente menor para una terminal en banda Ku que para la misma terminal en banda Ka.

Los costos del satélite son un poco menores para banda Ku. En primer término, el desarrollo y manufactura de los componentes para banda Ku es menos costoso que el desarrollo y manufactura de los componentes correspondientes en banda Ka. En segundo lugar, si se escalan las antenas transmisoras con la frecuencia, los requerimientos de potencia se reducen aproximadamente en un factor de 2, aunque el peso del equipo de comunicaciones en banda Ku es al rededor de 150 Kg. mayor que el equipo de comunicaciones para banda Ka. El resultado neto, para el satélite como una unidad completa, es la reducción en un 20 por ciento de la potencia, pero solamente una reducción ligera en el peso [11].

No se ha realizado el intento de cuantificar la diferencia de costos del satélite ni recurrentes ni no recurrentes entre la banda Ku y la banda Ka. Además, se supone que los costos de lanzamiento serán idénticos. Por lo tanto, la diferencia de costos del sistema serán atribuibles solamente al segmento terrestre.

De la misma manera que en el sistema de banda Ka, el tráfico al inicio de la operación del sistema será igual a la mitad de la capacidad total de un solo satélite. El crecimiento del tráfico, de nueva cuenta, se tomará como una tasa de 20 por ciento anual. Consecuentemente, el perfil del satélite en órbita es idéntico que para el descrito para el sistema de banda Ka [11].

El número mínimo de terminales necesarias para soportar una eficiencia del canal contra tiempo de respuesta dado, corresponde a la situación en donde todas las terminales transmiten a 288 Kbps. (Este número es solamente el 22 por ciento del número mínimo para las terminales de banda Ka, bajo la misma condición de carga del satélite). El número actual de terminales excederán el valor mínimo, en parte por las mismas dos razones, el número mínimo también es rebasado en la banda Ka. Además, varias de las terminales de banda Ku transmitirán a 144 Kbps en lugar de 288 Kbps.

Las utilidades anuales que deberán obtenerse por cada canal activo de 144 Kbps, se presentan en la Tabla 5.12 para varias tasas de reembolso y para configuraciones de las terminales que exceden dos y cuatro veces los valores mínimos. Debido a que los costos del segmento terrestre representan una fracción más pequeña del costo total del sistema en banda Ku, las utilidades requeridas son menos sensibles a la configuración asumida de la terminal. El cargo por abonado para el servicio de un canal de 144 Kbps por minuto,

mostrado en la Tabla 5.13, es de nuevo obtenido a partir de la suposición que cada canal activo se ocupará 9,000 minutos por mes.

Para comparar los cargos por el servicio en los sistemas de banda Ku y la banda Ka, se considerará una tasa de reembolso interno del 25 por ciento. Se tomará el complemento de la terminal de "cuatro veces" como representativo para el sistema en banda Ku. El cargo por el servicio correspondiente es de 50.81 por canal de 144 Kbps por minuto. Para realizar una comparación más adecuada, el número de terminales en el sistema de banda Ka será entre dos y tres veces el número mínimo para una transmisión por terminal de 64 Kbps. El cargo por el servicio correspondiente estará entre 50.52 y 50.62 por canal por minuto. Si se normaliza el cargo por servicio en cada sistema con respecto al ancho de banda de la transmisión, el cargo para banda Ku estará entre el 58 y 69 por ciento del cargo para banda Ka (11).

22	69.7	78.0
25	78.9	87.3
30	97.3	106.9

Tabla 5.12 Utilidades requeridas para el sistema en banda Ku
(\$000 U.S.D. por canal-año)

La comparación descrita depende principalmente de la suposición que el perfil de la demanda del canal, en términos del ancho de banda total del satélite, es el mismo para el sistema de banda Ku que para el sistema de banda Ka. Ya que el servicio ofrecido es diferente para los dos sistemas (144 Kbps o 288 Kbps en banda Ku contra 64 Kbps en la banda Ka), la precisión de esta suposición solamente puede ser proporcionada por el mercado. Si se diseñara un sistema en banda Ku para operar con tasas de transmisión de 64 Kbps, el cargo por este servicio sería solo ligeramente menor que el correspondiente para un sistema igual en banda Ka.

22	64.2	72.0
25	73.0	81.0
30	89.8	98.5

Tabla 5.13 Cargo por el servicio al abonado para el sistema en banda Ku (\$ de U.S.D. por canal-minuto)

CAPITULO 6

Optimización del desempeño de las redes VSAT para modos de operación estable y dinámico

6.1 Introducción

Este capítulo presenta una revisión de los estudios del comportamiento estable y dinámico de los protocolos tipo ALOHA utilizados en las redes VSAT las cuales soportan fuentes de datos de tipo ráfaga o interactivos. Se ha desarrollado un modelo de simulación para el análisis del desempeño de canales ALOHA no ranurados y ALOHA con rechazo selectivo (SREJ - *Selective Reject*) mismo que se ha utilizado para obtener mediciones cuantitativas de la estabilidad en términos de respuestas transitorias a sobrecargas de tráfico intermitentes. Para una estación VSAT interactiva típica con un canal de 56 Kbps, se estudia la dependencia de la respuesta intermitente (resumida en términos de una cantidad llamada el tiempo de caída del bloqueo - *backlog fall time*) sobre parámetros del protocolo seleccionables tal como el retardo de retransmisión promedio para sistemas no adaptivos o parámetros de política de *backoff* para sistemas adaptivos [38]. Estos resultados son apoyados con simulaciones de retardo promedio, para obtener las curvas de retardo característico contra el tiempo de caída (*fall time*) que permiten al diseñador seleccionar los parámetros del protocolo apropiados para alcanzar la combinación "óptima" del desempeño en estado estable y dinámico. Para los canales ALOHA y SREJ-ALOHA bajo estudio, se encuentra en general de manera sorpresiva que existe una región óptima bien definida (en forma de una "rodilla" en las curvas de retardo contra tiempo de caída) que está por debajo del valor de la respuesta de los estados estable/dinámico simultáneos de la metodología de diseño propuesta [39].

La aparición relativamente reciente de las redes de Terminales de Apertura Reducidas (VSAT) para aplicaciones de comunicaciones de datos interactivas ha resultado en un interés renovado por los protocolos de acceso aleatorio como el tipo ALOHA. Los protocolos ALOHA tales como el ALOHA no ranurado, ALOHA ranurado y el ALOHA con rechazo selectivo (SREJ ALOHA) son muy apropiados para las redes VSAT en las cuales un gran número de estaciones remotas interactivas comparten un canal satelital individual. Los protocolos tipo ALOHA están ideados de manera natural para aplicaciones de redes VSAT con estaciones remotas localizadas en los centros de proceso de datos del usuario debido a que éstas ofrecen un bajo retardo de acceso, complejidad de equipamiento

mínima, velocidad real de transferencia de información (*throughput*) y configuración robusta. De hecho, para ciertas transacciones realistas y aplicaciones de VSATs para puntos de venta (*Point Of Sales - POS*) con mensajes cortos, los protocolos tipo ALOHA alcanzan un mejor desempeño sobre protocolos más complejos de asignación por demanda DAMA (*Demand Assignment Multiple Access*) o TDMA (*Time Division Multiple Access*), ambos en términos del retardo y de la velocidad real de transferencia de la información. Aún en condiciones de tráfico desfavorables para los protocolos ALOHA, su uso a niveles de tiempo de transacción relativamente bajos a veces solamente presentan impactos imperceptibles en la eficiencia del sistema completo debido a que las redes VSAT tienden a estar limitadas en potencia más que limitadas en ancho de banda [15].

Los factores descritos han contribuido a la proliferación de equipos interfases para estaciones VSAT comerciales basados en protocolos de acceso múltiple tipo ALOHA. Este desarrollo ha motivado actividad reciente dirigida a la caracterización detallada del desempeño de los canales satelitales tipo ALOHA en condiciones de operación prácticas, aumentando los primeros trabajos que sobre la materia se realizaron algunos años atrás. Algunos aspectos que han sido considerados recientemente son: la incorporación de modelos de fuentes de tráfico mejorados, modelado de estadísticas detalladas, evaluación de la estabilidad para los canales ALOHA y SREJ-ALOHA con tráfico de mensajes de longitud variable, optimización de las políticas de *backoff* de retransmisión, etc [14].

Una área de considerable importancia para un diseñador de redes VSAT que requiere mayor trabajo relaciona la evaluación (no evaluación) cuantitativa del grado de estabilidad (es decir desempeño dinámico) de un canal tipo ALOHA. La evaluación del desempeño dinámico de los canales tipo ALOHA es importante para el proceso de diseño debido a que el método utilizado por el cliente para seleccionar los parámetros del protocolo para el retraso estable mínimo puede resultar en tiempos de recuperación inaceptablemente grandes desde los puntos congestionados, aunque el canal sea técnicamente estable. Esta es una metodología la cual permite al diseñador seleccionar los parámetros del protocolo interno de tal manera que se logre la "mejor" combinación del desempeño en los estados estable y dinámico.

Con el objetivo, de proporcionar al diseñador de un canal ALOHA información unificada concerniente al retardo en estado estable y al grado de estabilidad, se sugiere el uso de una respuesta intermitente de sobrecarga de tráfico como una herramienta para la medición del desempeño dinámico. Este enfoque está motivado por la noción que el tiempo de recuperación desde un estado inicial altamente congestionado (causado por una sobrecarga de tráfico de entrada temporal o por una ráfaga desfavorable de tráfico nominal) es una medida razonable de estabilidad. Se mostrará que un comportamiento transitorio del canal ALOHA está bien representado por la forma de onda del tiempo promedio de ensamble (obtenida promediando un gran número de respuestas intermitentes de tráfico independiente) de el número de estaciones bloqueadas - *backlogged* (es decir bloqueadas debido a transmisiones no reconocidas). Como era de esperarse, las respuestas

intermitentes de cantidades considerables tales como el bloqueo - *backlog* o el retardo, las cuales presentan una alta varianza en cualquier intento, parecen ser casi determinísticas cuando son promediadas sobre un número suficiente de intentos. Esto significa que de forma análoga al estudio de las formas de onda de los pulsos en los sistemas determinísticos, puede ser posible resumir un desempeño transitorio en términos de mediciones apropiadas tales como el tiempo de la transición del nivel bajo al nivel alto y viceversa, sobretiro, etc. [38].

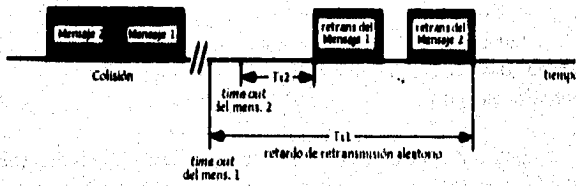
Se ha encontrado que el tiempo de caída del bloqueo - *backlog* (definido como la duración de la caída del 90% al 10% en el ensamble de la forma de onda promedio del *backlog* durante la región decreciente del pulso - intermitencia - de tráfico aplicado) proporciona un sumario compacto del comportamiento transitorio durante la sobrecarga de tráfico temporal. En particular el tiempo de caída del bloqueo (*backlog*) puede ser identificado como la medición más directa del tiempo requerido por el canal para regresar a la condición de operación normal después de un periodo de sobrecarga. Nótese que para un sistema inestable, esperamos que el tiempo de caída del bloqueo (*backlog*) sea muy grande, mientras que para un sistema estable, es deseable que el valor sea lo más pequeño posible. Por supuesto, como ya se mencionó antes, los parámetros del protocolo controlables tales como el retardo de retransmisión promedio (en sistemas no adaptivos) no puede ser seleccionado unilateralmente para optimar el desempeño dinámico, ya que existe, en general, una negociación entre el desempeño en los estados estable y transitorio.

En este capítulo primero revisaremos el desarrollo de un modelo de simulación para la medición de la respuesta transitoria de los canales ALOHA no ranurado y del SREJ-ALOHA, y entonces se presentará una metodología de diseño para la optimización del desempeño simultáneo en los estados estable y dinámico de los parámetros del protocolo en un ambiente típico de un canal VSAT con estación interactiva. No se ha adoptado un enfoque analítico debido a la interacción relativa de los modelos transitorios para los canales ALOHA asíncronos, y debido a que los modelos simplificados que pueden desarrollarse requieren típicamente suposiciones inexactas sin tomar en cuenta el proceso de retransmisión. Mientras que estas suposiciones han probado trabajar razonablemente bien para un comportamiento en estado estable (es decir retardo y tiempo de transacción - *throughput*), su precisión es más dudosa para análisis transitorios para los cuales la dependencia de las distribuciones de un retardo de retransmisión específica parece ser mayor.

6.2 El Modelo de Simulación

El modelo de simulación empleado para la evaluación de la respuesta dinámica de los canales tipo ALOHA y SREJ-ALOHA es una versión mejorada de un modelo previo para

a) Aloha



b) Aloha con Rechazo Selectivo

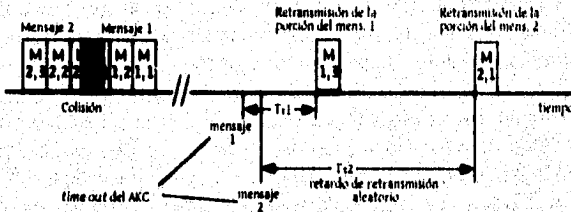


Figura 6.1 Operación de los protocolos ALOHA y SREJ-ALOHA

determinar el desempeño en estado estable. La fuente del tráfico fue caracterizada por un modelo de tráfico interactivo, de estación finita, en el cual N estaciones comparten un canal individual de velocidad R bps [38].

Cada estación tiene dos modos de operación: el estado "listo" y el estado "bloqueado" (*backlogged*). En el estado listo, se generan nuevos mensajes a una razón de Poisson equivalente de λ_s mensajes/s correspondiente a un tiempo de llegada con una distribución exponencial igual a $1/\lambda_s$ s. El mensaje generado se modela para que tenga una longitud variable que va desde una distribución específica $a(\tau)$, típicamente exponencial o exponencial truncada para condiciones de operación de una red VSAT de transacciones. En ambos protocolos ALOHA y SREJ-ALOHA, las estaciones listas transmiten nuevos mensajes asincrónicamente sobre el canal tan pronto como éstos son generados. Una estación entra al estado bloqueado (*backlogged*) inmediatamente después que ha transmitido un nuevo mensaje sobre el canal, y permanece en ese estado hasta que un reconocimiento positivo indica que se ha logrado una transmisión exitosa del mensaje [38].

Durante el tiempo que una estación permanece en estado bloqueado (*backlogged*), no se generan nuevos mensajes. Una estación que entra en el estado bloqueado (*backlogged*)

esperará un reconocimiento positivo hasta un período de tiempo de espera (*time out*) T_{TO} antes de preparar una retransmisión con un retardo aleatorio. Para la operación de una red VSAT típica en la cual, los mensajes son reconocidos por una estación HUB a través de un canal TDM independiente, el T_{TO} mínimo es dos veces el salto satelital completo (VSAT - satélite - HUB y viceversa HUB - satélite - VSAT) más el tiempo de procesamiento y retardo en el interfase del HUB [15]. En un canal ALOHA no ranurado, todos los problemas del canal redundan en una pérdida del mensaje completo, de tal manera que la expiración del tiempo de espera siempre es ocasionada por una colisión. Para los canales SREJ-ALOHA, cada mensaje es transmitido como una secuencia contigua de subpaquetes recibibles independientemente, de los cuales solamente aquellos que encontraron interferencia son retransmitidos (una vez más como una ráfaga continua), como en el caso de la red NEXTAR de datos que estudiamos en el capítulo 4. Por lo tanto en el SREJ-ALOHA, se recibe un reconocimiento parcial cuando uno o más paquetes son recibidos sin problemas, expirando el tiempo de espera solamente cuando el mensaje completo se ha traslapado con el tráfico del canal. La operación de los canales ALOHA y SREJ-ALOHA bajo consideración se muestran en la Figura 6.1

Cada retransmisión en cualquier canal ALOHA o SREJ-ALOHA es generada con un tiempo de retardo aleatorio (tomado de una distribución específica de retardo de retransmisión típicamente exponencial o uniforme) de duración T_r seg. Los intentos de retransmisión se repiten hasta que eventualmente se obtiene el reconocimiento. Nótese que en canales no adaptivos, el retardo de retransmisión promedio se mantiene constante en cada intento, mientras que en los canales adaptivos los cuales utilizan la conocida política de retransmisión con *backoff* (como en el caso del protocolo AA/TDMA avanzado de la red NEXTAR, que revisamos en el capítulo 4), la longitud promedio del retardo aleatorio de retransmisión es incrementada con cada intento. En este capítulo, se definirá la razón equivalente de la generación del mensaje mediante una terminal en modo bloqueado (*backlogged*) como $\lambda_r = 1/(T_{TO} + T_r)$. Por lo tanto, una λ_r de 1.5 para una red VSAT en configuración estrella con un $T_{TO} = 0.54$ s corresponde a un $T_r = 0.13$ s. Nótese que en una red estrella, λ_r está por lo tanto físicamente limitada a no ser mayor de 1.5 a 2.0 seg⁻¹.

El programa de simulación para los canales ALOHA y SREJ-ALOHA está basado en la ejecución concurrente de los procesos de N estaciones asincrónicas las cuales siguen la generación de tráfico y procedimientos de retransmisión que se han descrito en las líneas anteriores. Cada proceso de tales estaciones puede subdividirse en a) una rutina de observación del canal la cual interpreta los eventos de éxito/colisión de un canal de retroalimentación (representados como mensajes de reconocimiento - ACK -) en un enlace separado de una terminal en el HUB para los sistemas de VSATs en estrella y b) una rutina de transmisión responsable de implementar los procedimientos de transmisión y retransmisión para el protocolo particular simulado. Los resultados de la evaluación completa del desempeño tales como las estadísticas del retardo y la velocidad de transacción (*throughput*) son compilados por una rutina global la cual monitorea la actividad compuesta del canal producida por los procesos simultáneos de las N estaciones.

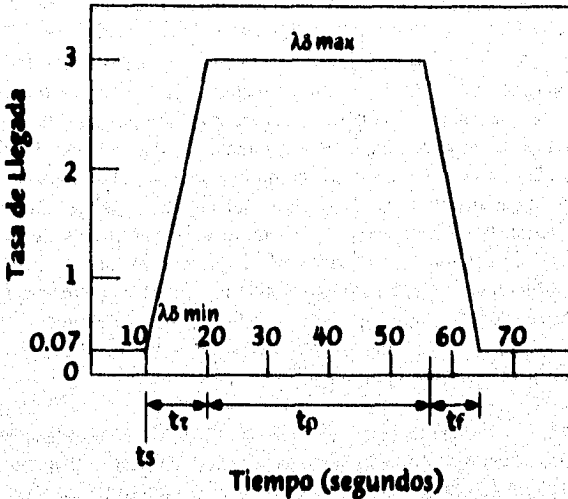


Figura 6.2 Forma general del pulso de sobrecarga de tráfico utilizado para el análisis del desempeño dinámico

Una mejora requerida para la evaluación del desempeño en estado dinámico se puede resumir como sigue: 1) Se proporcionó lo necesario para manejar procesos de estaciones con una función $\lambda_g(t)$ de razón de llegada de nuevos mensajes especificable y variable con el tiempo. El estudio descrito en este capítulo se realizó utilizando una razón de llegada intermitente (por pulsos) con tiempos de transición (de nivel bajo a alto y viceversa) y amplitud especificables, como se muestra en la Figura 6.2. Nótese que el pulso ha sido definido para crecer desde y regresar al valor nominal de λ_g mismo que es utilizado para la operación normal en estado estable. 2) Se proporcionaron facilidades para graficar la variación del número de estaciones bloqueadas (en estado de *backlog*) y la velocidad de transacción (*throughput*) a corto plazo así como el retardo (sobre ventanas de tiempo definibles). 3) Se incorporaron al programa capacidades para repetir (un número especificado de veces) la sobrecarga de tráfico intermitente (con diferentes números aleatorios presentándose en todos los procesos) y promediando acumulativamente todas las cantidades observadas tales como el bloqueo (*backlog*) y la velocidad de transacción (*throughput*). Nótese que además del promedio sencillo de los repetidos intentos, el programa mejorado tiene la habilidad de seleccionar y promediar sobre el peor porcentaje (basado en algún criterio apropiado) de las corridas. 4) Se proporcionaron herramientas de medición para determinar el "tiempo de caída del bloqueo (*backlog*)", definido como el

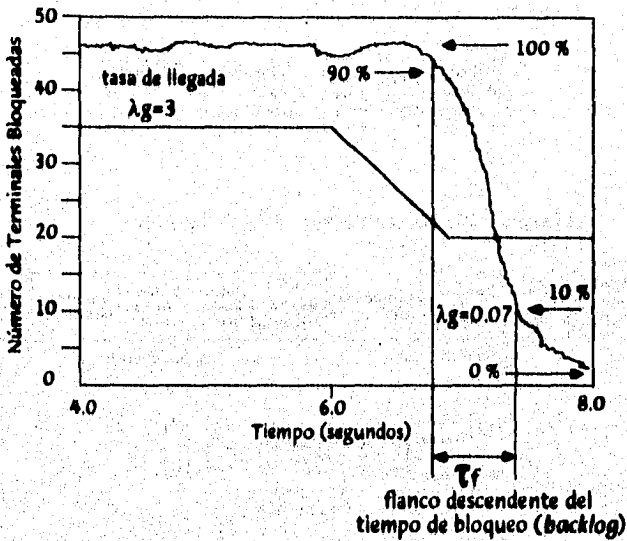


Figura 6.3 Definición del flanco descendente del bloqueo (*backlog*)

tiempo de caída del 90% al 10% del flanco descendente de la forma de onda de la respuesta (promediada) al bloqueo (*backlog*) de la estación, tal como se ilustra en la Figura 6.3.

6.3 Ejemplos de Evaluación del Desempeño Dinámico

En esta parte, el modelo de simulación descrito en el apartado anterior, se utiliza para analizar el ejemplo de una red VSAT. Los ejemplos numéricos dados corresponden a una aplicación VSAT típica con un gran número (N) de estaciones remotas interactivas con un bajo volumen de tráfico de mensajes de longitud variable accediendo a un canal único de 56 Kbps con protocolo tipo ALOHA o SREJ-ALOHA. Los formatos de transmisión de estos protocolos ALOHA y SREJ-ALOHA se muestran en la Figura 6.4. Los parámetros del modelo de tráfico, del canal y del protocolo se enlistan en la Tabla 6.1. Nótese que se han incorporado al ejemplo mensajes reales y sobre-encabezados de subpaquetes, incluyendo el preámbulo para la recuperación de portadora y el direccionamiento [14, 38].

a) Formato ALOHA

Preámbulo para recepción de paquetes	Encabezado a Nivel de Sistema (S)	Encabezado a Nivel de Red (R)	Campo de datos (longitud variable hasta 255 octetos)	Reserva a Nivel 2 CRC
--	---	-------------------------------------	--	-----------------------------

b) Formato ALOHA con Rechazo Selectivo (SREJ)

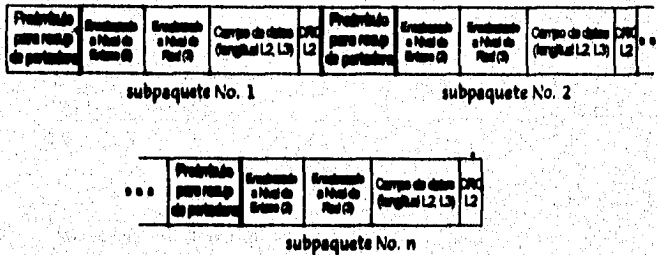


Figura 6.4 Formatos de transmisión para el ALOHA y SREJ-ALOHA

Como se explicó en el apartado previo, el estudio del desempeño dinámico está basado en la aplicación de un "pulso" de sobrecarga en la razón de tráfico de la estación $\lambda_g(t)$, como la que se muestra en la Figura 6.2. En los resultados numéricos presentados aquí, cada estación tiene un λ_g de 0.07 mens/s durante la operación normal, incrementándose hasta 3 mens/s en el top del pulso de sobrecarga de tráfico. Los tiempos de los flancos ascendentes y descendentes del pulso se consideran ambos con una duración de 10 s, mientras que la duración del pulso (excluyendo la duración de los flancos ascendente y descendente) se mantiene constante en 30 s. El ajuste de estos parámetros del pulso de sobrecarga, se ha fijado en estudios más profundos, como no críticos proporcionalmente al λ_g pico que se debe fijar a un valor al menos de un orden de magnitud mayor que el λ_g presentado durante la operación normal. Por lo tanto los resultados dados en este ejemplo son en general razonablemente aplicables, y se consideran como reflejo del comportamiento transitorio para un amplio rango de casos de sobrecarga.

Consideremos primero varios ejemplos de "formas de onda" de respuesta a sobrecarga transitoria para el canal SREJ-ALOHA definido por la Tabla 6.1. La Figura 6.5a muestra la respuesta de un canal estable, aunque altamente cargado con $N=150$ estaciones y un retardo de retransmisión promedio (no adaptivo) de 1.46 s (correspondiente a una razón de retransmisión efectiva de $\lambda_r=0.5$ mens/s), en términos del bloqueo (*backlog*) de la estación, velocidad de transmisión (*throughput*) y retardo. Los resultados mostrados en dicha figura

Modelo de Tráfico	Modelo Interactivo de Estación VSAT
	200 transacciones/VSAT (=0.97 mensajes)
	Mensajes de solicitud con longitud exponencial media igual a 100 caracteres
Modelo de Canal	Canal Satelital de 56 Kbps
	Retardo de propagación de un solo salto (VSAT a MUB) igual a 0.25 s
	Retardo mínimo de reconocimiento (ACK) igual a 0.54 s
	Errores del canal no considerados (BERS=10 ⁻⁷)
	Prómbulo para recuperación de portadora de 6 caracteres
Parámetros Probados	
ALOHA	Encabezado a nivel de enlace (L2) igual a 6 caracteres por mensaje.
	Encabezado a nivel de red (L3) igual a 8 caracteres por mensaje.
	Paquete único de longitud variable por mensaje
	(Retardo mínimo promedio de retransmisión después del timeout igual a 0.5 s (λfs1.7))
	Retardo de retransmisión distribuido exponencialmente.
SREA-ALOHA	Encabezado a nivel 2 por subpaquete igual a 6 caracteres
	Encabezado a nivel 3 por subpaquete igual a 8 caracteres
	Subpaquetes múltiples de longitud fija por mensaje
	Subpaquete+datos de 36 cara+12·prómbulo=60 caracteres
	Retardo mínimo promedio de retransmisión después del timeout parcial (por subpaquete) igual a 0.5 s (λfs1.7)
	Retardo de retransmisión distribuido exponencialmente.

Tabla 6.1 Sumario de los parámetros para la evaluación del desempeño

corresponden al promedio sobre $M=30$ aplicaciones independientes del pulso de sobrecarga. Nótese que con este grado de promedio, la respuesta de bloqueo (*backlog*) transitoria parece razonablemente determinística, aunque aun queda una pequeña cantidad de variación estadística. El valor de M está basado en el balance entre el cálculo computacional y la pequeña variación estadística en la forma de onda del bloqueo (*backlog*). Se ha encontrado que el valor de M en el rango de 30 a 50 es adecuado para la mayoría de los propósitos, excepto quizá por la caracterización de los extremos estadísticos tales como la respuesta en el "peor de los casos", para los cuales M se necesita ubicar en el orden de 100 a 200 [38]. De la figura se puede observar que, como se esperaba, la congestión del canal (medida como el bloqueo *-backlog* de la estación, n o el retardo, d) se incrementa drásticamente durante el período de sobrecarga, con el número de bloqueo (*backlogging*) incrementándose desde un valor nominal en la región de 20 a 25 estaciones a aproximadamente 145 a 150 (correspondiente a casi la totalidad bloqueada). Se observa

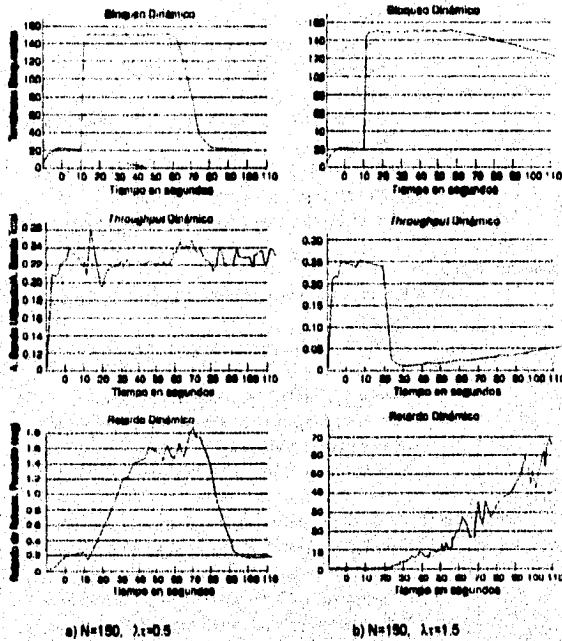


Figura 6.5 Formas de onda de la respuesta transitoria para el ejemplo SREJ-ALOHA

que el ascenso de $n=25$ a 145 tiene efecto demasiado rápido, ya que el canal es sobrecargado aún antes que se alcance el nivel de tráfico pico del pulso. En contraste, cuando se presenta la rampa descendente del pulso de tráfico, el flanco descendente en la forma de onda del bloqueo (*backlog*) parece retrasar al pulso.

La experiencia confirma la expectativa de la investigación que especifica que el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) tenderá a incrementarse con la carga del canal (es decir el número de estaciones N). También como podría esperarse, el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*), es altamente dependiente del parámetro de retransmisión promedio, particularmente en los canales congestionados para los cuales según [38], se muestra que el sistema se vuelve inestable si λ_r es muy grande. Se puede demostrar este efecto cualitativamente comparando la Figura 6.5a ($N=150, \lambda_r=0.5$) con la Figura 6.5b ($N=150$ y $\lambda_r=1.5$) en la cual el bloqueo (*backlog*) no regresa a su condición nominal en cualquier lapso de tiempo razonable. El resultado como el de la Figura 6.5 sugiere el uso del tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) como una medición cuantitativa del grado de estabilidad, ya que se observa que esta cantidad se incrementa cuando el canal se acerca al

0.5	12.7	12.8
0.75	12.8	15.7
1.0	14.6	15.7
1.25	30.9	36.5
1.5	108.5	110.1

Tabla 6.2 Comparación del tiempo de caída del bloqueo promedio de ensamble y el peor 10 %

límite de su estabilidad, ya sea por su carga excesiva o por el uso de un retardo de retransmisión muy corto. Las características del retardo transitorio son también de cierto valor, ya que éstas son un indicativo más directo del canal sobre el usuario. Sin embargo, las curvas de retardo se pueden desviar ligeramente ya que típicamente tienen un pico justamente después de la región de sobrecarga de tráfico (aunque el canal en realidad está en mejor estado durante ese periodo), ya que la medición está dominada por el alto retardo debido a los mensajes de las estaciones previamente bloqueadas.

Los resultados presentados en las líneas anteriores indican que el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) medido desde la respuesta promedio del ensamble deberá ser un buen indicador del grado de estabilidad o del desempeño dinámico. Sin embargo para los sistemas estocásticos tales como los canales ALOHA bajo consideración, la confiabilidad de tal medición promedio para la cuantificación de la estabilidad necesita ser establecida más detalladamente. Específicamente, un punto que se considera importante es la posibilidad que el tiempo de descenso promedio sea bajo mientras que los extremos de la distribución del tiempo de descenso puedan potencialmente, ser inaceptablemente grandes. Con el propósito de aprovechar este punto, observemos la curva del bloqueo (*backlog*) transitorio obtenida por la acumulación del peor 10% de las respuestas (basadas en tiempo promedio de duración del bloqueo - *backlog* durante el flanco descendente pulso de tráfico). Se ha encontrado que con un número grande de intentos (M), las curvas (promedio de ensamble y el peor 10%), son prácticamente indistinguibles sobre un amplio rango de parámetros y cargas del canal. Como se esperaba, comienzan a aparecer pequeñas diferencias para canales altamente cargados (potencialmente inestables) ($N > 125$ para el ejemplo del SREJ-ALOHA). Para el caso de carga pesada con $N=150$, la Tabla 6.2 muestra los valores medidos del tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) basados en las formas de onda promedio y las del 10% de los peores casos. El resultado

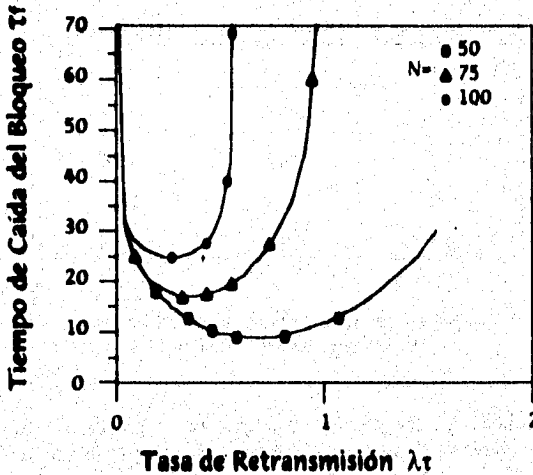


Figura 6.6a Tiempo de caída del bloqueo contra la tasa de retransmisión para el canal ALOHA convencional

muestra que las diferencias, aún para este caso de tráfico pesado, no son suficientemente grandes para ser considerados significativos, llevándonos a pensar que es razonable limitar la consideración al ensamble promedio τ_f .

Habiendo establecido la utilidad del tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) como una medida de estabilidad, en las Figuras 6.6a y 6.6b, resumiremos el desempeño dinámico de los canales ALOHA y SREJ-ALOHA con parámetros como los definidos en la Tabla 6.1. Esto se realiza mediante el trazo de curvas de tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) (τ_f) como una función de la tasa de retransmisión efectiva ($\lambda\tau$), con un nivel de carga del canal (N) como parámetro. En particular la Figura 6.6a muestra τ_f contra $\lambda\tau$ para canales ALOHA con $N=50$, 75 y 100 (es decir variando desde una carga ligera hasta una carga pesada). De manera similar la Figura 6.6b al canal SREJ-ALOHA con $N=50$, 100 y 150. Se puede observar de las curvas, que $\lambda\tau$, el parámetro de retardo de retransmisión, tiene un impacto mayor en la respuesta transitoria, como se puede esperar de su "bien conocido" efecto sobre la estabilidad del canal. Además, parece que existe un valor óptimo típico para $\lambda\tau$, mismo que minimiza a τ_f , y este valor se hace más pequeño conforme se incrementa la carga N del canal. También observamos que para los sistemas con carga ligera, como los ALOHA con $N=50$ o SREJ-ALOHA con $N=50$ o 100 (para los cuales existe un "margen de

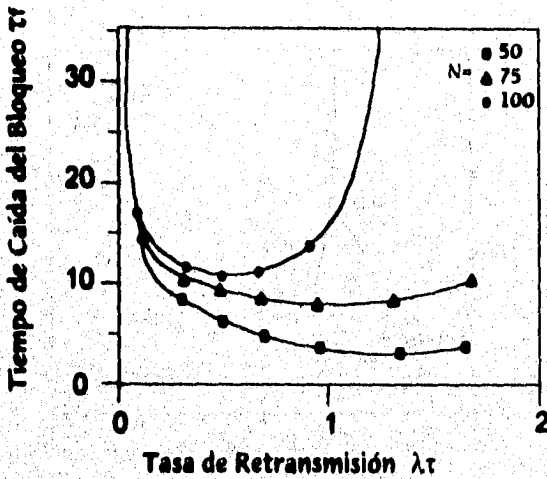


Figura 6.6b Tiempo de caída del bloqueo contra la tasa de retransmisión para el canal SREJ-ALOHA

estabilidad" considerable), el valor de λ , (dentro del límite físico de 1.7) es relativamente no crítico en su efecto sobre τ_f , tanto como el valor no sea tan pequeño. Sin embargo, para casos de carga pesada ($N=100$ para canal ALOHA o $N=150$ para SREJ-ALOHA), existe un valor de λ , para el cual τ_f crece asintóticamente de acuerdo a la presentación de un comportamiento biestable.

6.4 Metodología de Diseño Para la Optimización Simultánea del Desempeño en Estado Estable y Dinámico

6.4.1 Canales No Adaptivos

El desempeño dinámico presentado en la Figura 6.6 se puede combinar con las características de un retardo convencional en estado estable (nótese que, si se desea, una medición más conservadora del desempeño en estado estable tal como el "retardo pico"

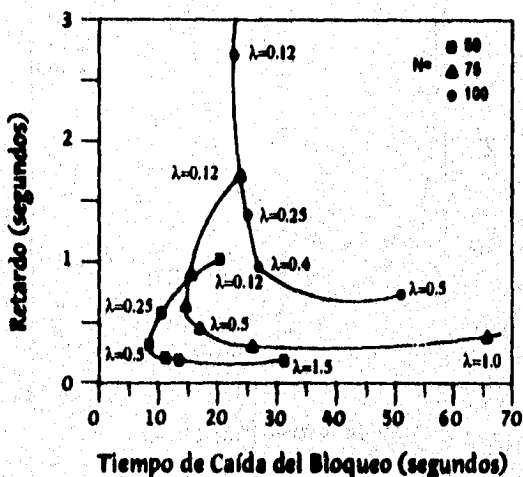


Figura 6.7a Características de estado estable/deseñeño transitorio del ejemplo del canal ALOHA

basado en los porcentajes 90o. ó 95o. de la distribución del retardo pueden ser utilizados en lugar del valor promedio) para producir gráficas de retardo promedio (d) contra el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) (τ_f) para una optimización simultánea del desempeño transitorio y nominal de un canal tipo ALOHA. Las Figuras 6.7a y 6.7b presentan tales gráficas en términos de curvas d contra τ_f (en relación a un λ , variable), con una carga N del canal como parámetro, para canales no adaptivos tipo ALOHA y SREJ-ALOHA respectivamente (de igual forma que para el caso anterior, se enlistan los parámetros aplicables en la Tabla 6.1). Los contornos d contra τ_f de la Figura 6.7 demuestran claramente que existe, en general, una negociación entre el retardo en estado estable nominal y el desempeño transitorio de acuerdo a la variación de λ . Específicamente, de acuerdo al incremento de λ , desde un valor pequeño, inicialmente ambos, d y λ , decrecen hasta alcanzar una "rodilla" en la curva después de la cual el retardo alcanza su valor mínimo asintóticamente mientras que el tiempo de descenso continúa creciendo establemente. El valor "óptimo" de λ , deberá balancear a los dos aspectos del desempeño. Es interesante notar que la tarea del diseñador está simplificada por la existencia de la bien definida "rodilla" en las curvas, una región en la cual ambos retardo y tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) están cercanos al mejor valor que pueden alcanzar de forma independiente. Refiriéndose a los resultados de la Figura 6.7a, para el ALOHA, observamos

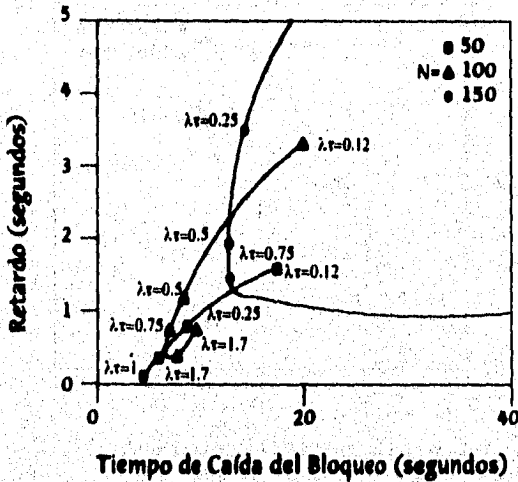


Figura 6.7b Características de estado estable/desempeño transitorio del ejemplo del canal ALOHA

que la opción "óptima" para λ , es de aproximadamente 0.7, 0.5 y 0.4 para $N=50, 75$ y 100 respectivamente. Similarmente, de la Figura 6.7b, se encuentra que los valores óptimos de λ , para el SREJ-ALOHA son aproximadamente 1.5, 1.2 y 1.0 para $N=50, 100$ y 150 respectivamente.

Nótese que los valores óptimos de τ_f son típicamente más grandes para el ALOHA que para el SREJ-ALOHA con una carga del canal normalizada comparable (relativa a la capacidad). Por ejemplo, en el punto "óptimo", un ALOHA con $N=100$ tiene un τ_f de alrededor de 30 s, mientras que para un SREJ-ALOHA con $N=150$ τ_f está en el orden de los 15 s. Para una comparación más directa de los canales ALOHA y SREJ-ALOHA, en la Figura 6.8 se han trazado las curvas de d contra τ_f para ambos canales ALOHA y SREJ-ALOHA con un $N=100$. Es clara la superioridad del SREJ-ALOHA en ambos aspectos del desempeño. Una diferencia interesante entre los dos sistemas parece ser el hecho que para el SREJ-ALOHA, existe típicamente una mejora marcada en τ_f conforme λ , se incrementa desde un valor pequeño, mientras que para el ALOHA este efecto es menos pronunciado. Debido a esto, la "rodilla" de la curva d contra τ_f está mejor definida para el SREJ-ALOHA que para el ALOHA.

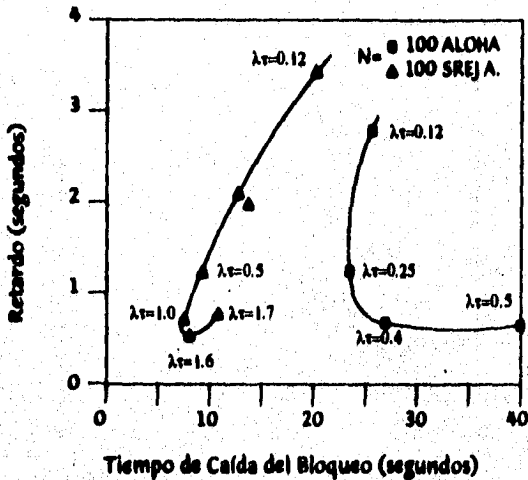


Figura 6.8 Comparación de las características de Retardo-Tiempo de Caída del bloqueo para los ejemplos de ALOHA y SREJ ALOHA

6.4.2 Canales Adaptivos con *Backoff* de Retransmisión (Control de Flujo)

En este apartado, consideraremos la caracterización simultánea del desempeño en los estados estable y transitorio para los canales tipo ALOHA con políticas de *backoff* de retransmisión, las cuales son unas formas simples pero efectivas para un control adaptivo de congestión. En tales canales, las estaciones llevan la cuenta del número de intentos de retransmisión (τ) hechas para un mensaje en particular, y es requerida para reducir su tasa de retransmisión efectiva λ , como una función de τ [38]. Aquí, debemos considerar la optimización simultánea del desempeño en los estados estable y dinámico de los canales con *backoff* exponencial como un ejemplo de dichos sistemas adaptivos. El *backoff* exponencial está definido por una función de la tasa de retransmisión $\lambda_r(\tau) = \lambda_r(0) \rho^{(\tau-1)}$, caracterizada por dos parámetros, $\lambda_r(0)$ y ρ . Consideraciones de investigación sugieren el uso de valores lo más grandes posibles de $\lambda_r(0)$ (en este caso, $\lambda_r(0) \leq 1.5$), dejando la opción de ρ como un elemento de diseño. Con el propósito de optimar el diseño de los canales con las políticas de *backoff* acabadas de definir, se trazarán curvas de d contra τ en las cuales el parámetro seleccionable ρ , varía dentro del rango permitido, análogamente a la manera en la cual el parámetro de diseño seleccionable (λ_r), en los sistemas no adaptivos fue variado para producir las gráficas de diseño en las Figuras 6.7a y 6.7b [38].

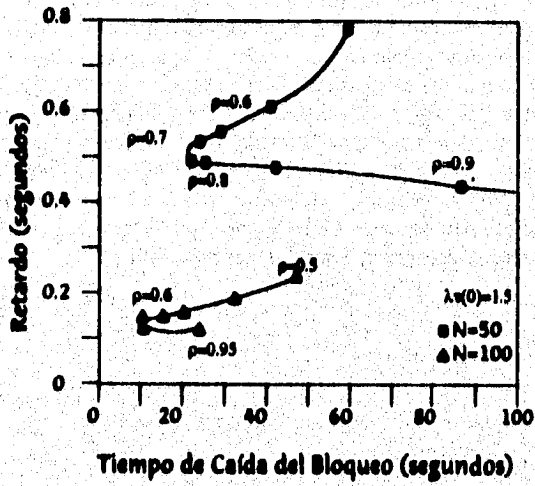


Figura 6.9a. Características de desempeño en los estados estable y transitorio para el ejemplo del canal ALOHA con backoff exponencial

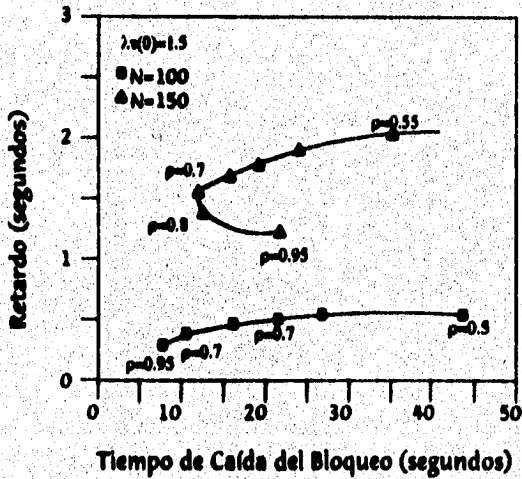


Figura 6.9b. Características de desempeño en los estados estable y transitorio para el ejemplo del canal SREJ-ALOHA con backoff exponencial

Las Figuras 6.9a y 6.9b muestran las curvas d contra λ , obtenidas mediante la variación del parámetro ρ del *backoff* exponencial, para el ALOHA y el SREJ-ALOHA respectivamente. Se observa que, igual que para los casos no adaptivos, existe una "rodilla" bien definida sobre las curvas, aunque los contornos son mucho más planos en términos del retardo (es decir existe menor variación en el retardo). Los resultados muestran que los valores del tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) no difieren significativamente de aquéllos obtenidos para los ejemplos no adaptivos, mientras que el retardo para estado estable es típica y marcadamente más bajo. Para los ejemplos SREJ-ALOHA, se presenta una mejora modesta en el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) en el punto de operación "óptima", mientras que para los casos ALOHA, puede presentarse incluso una penalización (acompañada por un retardo significativamente más bajo) [38].

CAPITULO 7

Multimedia en redes VSAT

7.1 Introducción

La creciente demanda de servicios de comunicación de voz, datos y video, dicta las consideraciones de un enfoque *multimedia* en el diseño de las redes para lograr soluciones efectivas en costo apoyadas por los avances en las tecnologías de transmisión y servicios integrados. Los avances en las tecnologías de los satélites ofrecen servicios económicos de voz y de no voz a empresas del tipo corporativo y también aplicaciones rurales mediante el uso de VSATs de bajo costo. La tecnología de las fibras ópticas ha logrado avances en las áreas de los extremos receptores y transmisores, altas tasas de transmisión, repetidores de gran cobertura, y multiplexaje. Estos avances hacen a la fibra óptica muy atractiva para la implementación de troncales para tráfico pesado en las redes de área local y algunos canales de comunicación inter-ciudades e intercontinentales. Las Redes de Servicios Digitales Integradas (ISDN) están teniendo auge y pronto estarán disponibles en varias áreas metropolitanas.

En esta parte describimos las aplicaciones de las redes de circuitos y paquetes a la tecnología de las VSATs así como la evaluación de la incorporación de una VSAT a las redes *multimedia*. Para describir la integración de una VSAT con otras tecnologías haremos referencias al concepto ISDN, acceso y troncales de fibras ópticas, y algunos tópicos acerca del diseño de redes integradas como protocolos y la conmutación. Una ISDN terrestre no es precisamente una opción barata para ambientes rurales ni representa una opción inmediata para realizar una cobertura nacional. Por otro lado, las redes de servicios integrados satelitales representan una opción efectiva en costo para las áreas rurales así como para algunos canales de baja capacidad para redes privadas. Este ambiente es propicio para realizar el diseño de ISDNs privadas de tipo corporativo utilizando redes VSATs o ISDNs más grandes que combinen tecnologías terrestres y satelitales.

Una red de propósitos múltiples puede consistir de dos o más niveles jerárquicos. La mayoría de las redes de comunicaciones actuales poseen más de dos niveles. La Fig. 7.1 muestra una red general multinivel misma que proporciona diferentes servicios digitales [36]. Cuando se diseña una red de este tipo, dependiendo del tipo de servicio, la distancia entre nodos, tasa de transmisión de datos, y las localidades geográficas, se pueden utilizar diferentes tipos de tecnologías de transmisión para minimizar el costo de la red sin

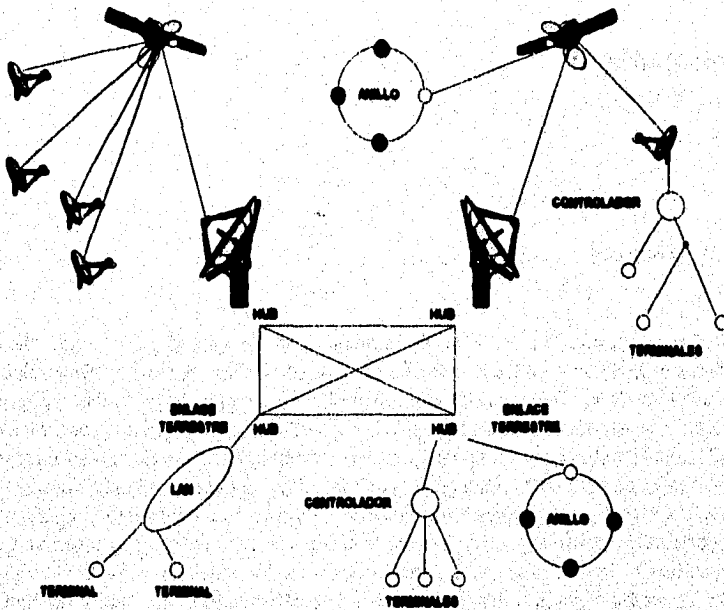


Figura 7.1 Red de Comunicaciones de Niveles Múltiples

comprometer el desempeño de la misma. La tecnología de las redes VSATs se puede utilizar en áreas remotas donde su costo es menor que las alternativas terrestres (fibra óptica o microondas) y lugares donde no existen facilidades para realizar la transmisión. Otra razón para utilizar la tecnología VSAT es el grado de flexibilidad y disponibilidad. La tecnología de la fibra óptica es más apropiada para redes de área local (LAN) de alta densidad y enlaces punto a punto con tráfico pesado. En redes grandes como la mostrada en la Fig. 7.1, los enlaces principales normalmente son de fibra óptica aun cuando esto implique problemas de instalación. Los problemas principales en este tipo de redes son, la afinación a nivel de protocolos, señalización, y conmutación a nivel de HUBs. Una red grande puede estar constituida por varias redes más pequeñas. Las redes pequeñas pueden tener sus propios protocolos para comunicaciones internas y un protocolo universal a través de un convertidor de protocolos para el acceso al resto de las redes más grandes.

Un gran número de las grandes corporaciones necesitan con urgencia una red de servicios integrados que sea efectiva en costo y completamente confiable. Las ISDN actuales no ofrecen todavía una cobertura a nivel nacional y además su costo no es muy atractivo. Actualmente se dispone de la tecnología VSAT la cual puede ofrecer servicios digitales de

voz y no voz. Por estas razones, un gran número de compañías han decidido diseñar e instalar sus redes privadas ISDN mediante la utilización de las comunicaciones vía satélite y las fibras ópticas. Estas redes utilizan las VSATs en las instalaciones del usuario, o en oficinas locales de conmutación (usualmente llamadas "centros regionales"), soportando los requerimientos de algunos usuarios, desviando líneas terrestres. La característica de difusión (*broadcasting*) es utilizada desde la estación HUB terrena (localizada en los centros de conmutación principales o sitios de facilidades centrales) a las estaciones terrenas remotas. Esta característica permite obtener un bajo costo y fácil acceso, desde los nodos centrales a las VSATs remotas. Los enlaces entre los HUBs pueden realizarse ya sea a través del satélite o de fibras ópticas.

Actualmente las publicaciones emitidas por las compañías telefónicas no han incluido en sus temas, el papel de las comunicaciones satelitales, y específicamente hablando de las redes VSAT en el diseño y desempeño de sus ISDN. En este capítulo se intentará definir a) redes privadas del tipo VSAT/ISDN b) diseño de redes utilizando la tecnología de las VSATs y las fibras ópticas, c) áreas en las que se pueden incorporar las VSATs a la ISDN (pública) global, y d) aplicaciones en las que las VSATs competirán con las ISDN públicas (redes privadas VSAT/ISDN).

Las VSATs son ideales para aplicaciones nacionales que requieren un gran número de terminales con un volumen de tráfico bajo, por ejemplo 1000. En las redes VSAT privadas, la inversión inicial para la instalación de la red es relativamente alta, comparada con el uso de líneas privadas. Sin embargo el despliegue de terminales VSAT significa un servicio de mantenimiento de bajo costo, y como la red es privada, entonces se puede tener un costo fijo de los servicios.

Además, se eliminan problemas como el cambio de tarifas, el trato con diferentes proveedores de servicios, y dependencia de otras redes, etc.

En contraste, considérese el intento de instalar una red nacional de baja capacidad utilizando líneas privadas. Tomando en cuenta el clima de Irregularidad que existe actualmente, se tendría que negociar la tarifa no solamente de las líneas principales de la red sino también de las líneas que se tiendan hacia las terminales locales. Debido a esta negociación, no se podría asegurar la planeación de la red por el constante cambio de tarifas de las líneas telefónicas.

Las características principales de la red que utiliza diferentes servicios son a) disponibilidad, manejo de los costos de la misma red, y administración de la red para ISDN, b) problemas de confiabilidad y administración que rebasan al simple trato con diferentes proveedores de líneas privadas, incluyendo fibras ópticas, c) Estabilidad de los costos nula debido a la variación en la oferta de los distribuidores de líneas privadas, y d) mantenimiento y administración de la red completa. Comparando las grandes redes ISDN basadas en la tecnología VSAT con las redes ISDN basadas en líneas privadas, las redes VSAT/ISDN parecen ser mucho menos costosas y permiten un mantenimiento y

administración más fáciles del sistema, sin embargo éstas requieren una mayor inversión inicial.

7.2 Tecnología y Aplicaciones de las VSATs

Los avances en la tecnología de los satélites que utilizan haces regionales y puntuales, enrutado selectivo de frecuencia y conmutación abordo del satélite permiten un mayor reuso de frecuencia, enlaces ascendentes con mayores G/T y enlaces descendentes con mayor PIRE (por ejemplo las prestaciones del Sistema Solidaridad de Satélites). También el costo del desarrollo de los amplificadores de estado sólido ha ido disminuyendo mientras que el desarrollo de la tecnología ha sido acelerado. El costo de las antenas pequeñas (aproximadamente de 2 m de diámetro) así como de su instalación es solamente una parte mínima del costo total de la terminal (VSAT). Estas características más la disponibilidad de los convertidores de protocolos y los *bridges* de las LAN, hacen el uso de las VSATs una opción atractiva para la implementación de una red ISDN. Las VSATs se pueden utilizar en las redes tipo ISDN privadas o pueden ser integradas en las redes ISDN de las compañías telefónicas (como en el caso de TELMEX en México). Las redes VSAT/ISDN ofrecen servicios de datos, voz, video y señalización. Los sistemas VSAT son altamente modularizados, flexibles y expansibles. Dependiendo de la aplicación, las VSATs pueden ser utilizadas en redes con cualquiera de las siguientes arquitecturas:

- *Gateways* principales satelitales que soportan usuarios con tasas de transmisión bajas los cuales trabajan en computadoras personales o cadenas de oficinas de negocios, terminales de datos o tráfico de voz. Esta es una configuración punto a punto o de salto satelital único (ver Fig. 7.2a).
- Terminales remotas para colección/distribución de datos desde/hacia un grupo de terminales de usuarios finales de redes de área local (LAN). En esta aplicación un grupo de VSATs están conectadas a una estación HUB. Las estaciones HUB son estaciones terrenas satelitales más grandes y están conectadas una a otra a través de canales de fibra óptica o enlaces satelitales. Las estaciones HUB normalmente se instalan en las oficinas centrales o sitios de centralización de los datos. No existe un valor específico como límite para el número de VSATs que se pueden conectar a los servicios de un HUB. El número está determinado por las condiciones de tráfico y el tamaño de la estación HUB (véase la Fig. 7.2b).
- Terminal de usuario final para transmisión punto a punto de voz, datos y video entre dos terminales cualquiera dentro de la red (ver Fig. 7.2c).
- Estaciones remotas para aplicaciones de datos, voz y video en redes de configuración estrella.

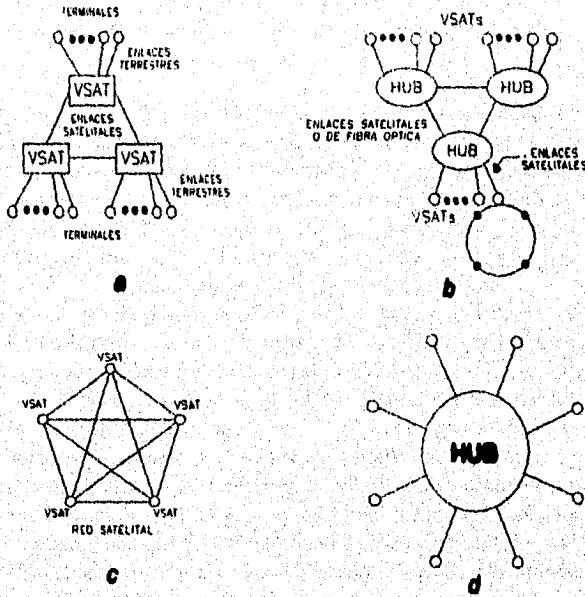


Figura 7.2 Aplicación de VSATs en Redes Digitales Integradas

- a) Terminales de Datos hacia el HUB
- b) Terminales Remotas hacia un HUB Principal
- c) Conexiones Punto a Punto en los sitios de proceso de datos
- d) Terminal Remota en la Red Estrella

Algunos ejemplos de sistemas de este tipo, apropiados para implementar una red de VSATs son, sistemas de reservación de las aerolíneas, sistemas de reservación de autos de renta, sistemas de reservación de hoteles, bancos, concesionarios automotrices, y cadenas de tiendas. Es pertinente aclarar que las características de las VSATs pueden cambiar para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, aquellas VSATs que son utilizadas en redes satelitales con estaciones HUB de gran envergadura para aplicaciones de datos y de recepción solamente de video, estarán caracterizadas por antenas de 1.8 m de diámetro, amplificadores de estado sólido (*Solid State Power Amplifier - SSPA*) de 2 watts (o menos), y tasas de transmisión de datos de hasta 128 Kbps. Las VSATs utilizadas para aplicaciones de datos punto a punto o aplicaciones de voz generalmente requieren SSPAs de al rededor de 3 a 4 watts y antenas de 2.4 m de diámetro. Este tipo de VSATs es muy atractivo para conexiones a conmutadores o multilíneas (PBX) basados en un sistema de marcación. La tasa de transmisión de datos de estas VSATs puede ser incrementada hasta 1.544 Mbps, las cuales pueden ser utilizadas para transmisión digital de video. Las VSATs

con una tasa de transmisión de 1.544 Mbps deberán ser utilizadas con satélites de alta potencia con haces regionales y puntuales. Si se utilizan satélites convencionales, entonces las terminales terrestres necesitarán más potencia y/o antenas de diámetros muy grandes [15].

Los parámetros técnicos principales en el diseño de una red VSAT/ISDN de gran envergadura son: la configuración de la red, técnicas de acceso múltiple, requerimientos de potencia, modulación, codificación, formato de los datos, protocolos, administración de la red, y método de direccionamiento que serán utilizados. Estos parámetros son una función de la aplicación, costo, cobertura del satélite, y requerimientos de potencia del satélite. Si el diseño de la red incluye el diseño del segmento espacial y del segmento terrestre del satélite, entonces el satélite puede ser diseñado para minimizar el costo del segmento terrestre y, como resultado, el costo del sistema completo. También la selección de estos parámetros son una función del tipo de servicio, ancho de banda del canal, y potencia disponible del sistema. En una red VSAT de tamaño considerable, bajo un esquema multi-HUB (Fig. 7.2b), en la mayoría de los casos la modulación es QPSK, la corrección de errores (*Forward Error Correction - FEC*) es del tipo de codificación convolucional con decodificación secuencial o tipo Viterbi, el método de acceso de las estaciones remotas al HUB es Aloha ranurado o datos en ráfaga, del HUB a las estaciones remotas uso de una portadora o portadoras múltiples en TDM, y asignación por demanda con portadoras múltiples (TDMA o FDMA) para tráfico de datos o voz del tipo punto a punto. La potencia de salida del amplificador requerido puede variar de 1 a 4 watts, y el tamaño de la antena menor a los 2.4 m. Desde el punto de vista del sistema, estos parámetros deberán ser seleccionados para minimizar el costo de la red entera sin degradar la disponibilidad ni el desempeño del sistema [15].

Desde el punto de vista del protocolo de datos, existen dos diseños principales utilizados en las redes VSAT/ISDN que deberán ser considerados: 1) Servicio a usuarios con diferentes protocolos, y 2) la interconexión de varias LANs en la red. El primer punto se puede resolver mediante el uso de un interfase de usuario particular. Este dispositivo convierte el protocolo de datos del usuario al protocolo del sistema y viceversa. Este también realiza la comunicación con el centro de control de la red (*Network Control Center - NCC*) para establecer conexiones a otros interfases y proporcionar la información requerida para la administración de la red (señalización). El segundo punto se puede resolver mediante el uso de un dispositivo llamado *bridge* o *TransLAN*. Estos dispositivos interconectan dos o más LANs IEEE 802.3 o Ethernet a través de una red satelital principal. Los *bridges* de interconexión de las LANs son dispositivos a nivel de enlace de datos y operan solamente con los dos protocolos de las capas inferiores a ésta. (los dos niveles de protocolos que definen una LAN). Las conexiones inter-LAN son transparentes al protocolo a nivel de red.

7.3 Mercado de la Fibra Óptica

Los servicios de transmisión por fibra óptica están volviéndose disponibles gradualmente tanto a nivel local como a nivel nacional. En los últimos años, tanto en los Estados Unidos como en México, se ha visto un crecimiento de los proveedores del servicio de interLATA (*Local Area Transport Agent* - LATA, proveedores denominados *carriers* o telepuertos). En 1988 los principales *carriers* terminaron sus redes digitales nacionales, proporcionando un ancho de banda bastante amplio para comunicaciones digitales entre las principales ciudades en los Estados Unidos, y en México esto está teniendo lugar desde 1991. Durante la implementación de estas redes digitales, se ha incrementado la penetración de la fibra en las centrales locales. Esta es la siguiente aplicación para la tecnología de la fibra óptica, potencialmente vasta, aunque el precio es el factor principal especialmente para los abonados.

Las aplicaciones de la tecnología de la fibra óptica se pueden ubicar dentro de las siguientes categorías:

- InterLATA
- Entre Centrales
- Central Principal
- Distribución Local
- Edificios
- Redes Privadas

El ambiente interLATA resultó de la división de AT&T dando lugar a la generación de 350 LATAs. Una compañía operada por el consorcio Bell trabaja dentro de una LATA, y el mercado de larga distancia se verifica entre estas LATAs. La nueva red de fibra óptica interLATA proporcionará una gran capacidad al mercado de comunicaciones en gran escala. En este mercado norteamericano, las compañías AT&T, MCI, US Sprint, NTN, GTE y varias otras están implementando redes de fibra óptica. Una facilidad de transmisión por fibra óptica representativa opera a 565 Mbps, emplea 35 fibras acomodadas en un solo cable y puede proporcionar el equivalente a más de 100,000 canales de voz [3].

Los *carriers* de gran envergadura están respondiendo a este nuevo mercado con nuevos servicios, incluyendo una tarifa independiente de la distancia, líneas privadas de bajo costo, redes privadas virtuales y otros servicios nuevos igualmente importantes y valiosos (en México un ejemplo de este tipo de *carriers* es la red de TELMEX, así como otras provenientes de instituciones bancarias como Avantel de Banamex, y próximamente

Unicom de Bancomer). Sin embargo, estos desarrollos están teniendo lugar bajo condiciones irregulares con respecto al ajuste de las tarifas.

Estos *carriers* están también encargados de colocar fibra óptica a través de las centrales locales. El inherentemente amplio ancho de banda de la tecnología de fibra óptica, permite la coexistencia de servicios múltiples como transmisión de datos, voz y video. Acoplado con las modernas tecnologías de acceso, el servicio se puede asignar de acuerdo a la demanda del usuario, efectuado mediante un control electrónico o con algunas facilidades de conmutación de servicio especiales.

El primer paso de introducir la fibra óptica a la infraestructura de la red telefónica local actual está en camino, y se da comenzando con la central principal extendiéndose hacia los puntos de concentración, esto se puede lograr a través de una unidad de conmutación remota (*Remote Switching Unit - RSU*) o extendiéndose a la base del edificio de la central. Las entidades encargadas de la implementación de canales de fibra óptica tienen como consigna instalarla solamente en las unidades alimentadoras nuevas (construcciones nuevas) o en aquellas localidades que reúnan una serie de requisitos mínimos. La distribución hacia el usuario se realiza en "el último kilómetro".

Dentro de un edificio, se han ofrecido varias LANs como una manera de proporcionar interconexión de comunicaciones de datos. Se presentan varias topologías apropiadas para estas aplicaciones, predominando quizá la del canal común (Ethernet) y la del anillo. Una solución basada en la fibra óptica tiene ventajas para la utilización de una LAN, pero el costo de un alto índice de interconexiones y componentes requeridos inhiben el bajo nivel del mercado de las LANs. Aún las aplicaciones para anchos de banda de 20 MHz, requieren el servicio de las fibras ópticas, aunque la tendencia a la baja de los precios, permitirá la conexión entre edificios en los próximos años. Frecuentemente se ha considerado la interconexión de LANs locales con una red principal. Este concepto es frecuentemente referido como MAN (*Metropolitan Area Network*), y el cual deberá utilizar fibra óptica para la interconexión.

Aunque representen una pequeña parte del mercado total, varios usuarios han optado por instalar redes de fibra óptica privadas para dar soporte a los servicios de voz, datos y video. Estos incluyen corporaciones y universidades. Los anchos de banda se extienden hasta 565 Mbps y las distancias hasta 20 kilómetros. Aunque esto puede ser visto como demasiada capacidad, los usuarios corporativos encuentran uso para ésta, y las universidades están interconectando PCs con bibliotecas, oficinas y laboratorios.

7.3.1 Interconexiones con Fibra Óptica

El acceso a las facilidades de la fibra óptica involucra varios estándares, incluyendo las tasas de transmisión básicas, formatos digitales, soporte a los terminadores de señales (mantenimiento), y consideraciones de temporización de los bits.

La tasa de acceso primario actual utiliza el T3 (44.736 Mbps). Esto permite la utilización de canales de voz digitales del tipo estándar 672 codificados digitalmente (DS0). El formato T3 es DS3, y el interfase eléctrico es DSX-3. En las centrales y los usuarios grandes, se recibe la señal T3 la cual es convertida después al nivel T1. Esta tasa T1, con sus múltiples variantes de formatos de señal digital, se ha convertido en el interfase para los usuarios de telecomunicaciones de datos grandes y medianos [3].

7.3.2 Antecedente del T1

El formato del T1 fue desarrollado por el sistema *Bell* en la década de los 50's, y utilizado en primer término para cubrir las necesidades crecientes de oficina central en la ciudad de Nueva York. Su objetivo fue proporcionar una transmisión más eficiente a través de los circuitos de voz. La transmisión T1 ofrece una reducción de hasta 12:1 de los cableados de pares de cobre.

Las técnicas de modulación PCM (*Pulse Code Modulation*) son utilizadas para codificar un canal de voz, resultando en una señal de 64 Kbps (DS0). El formato de la señal T1 (D4) proporciona para 24 de estos canales más una señal de indicación de trama de 8 Kbps una tasa de transmisión combinada de 1544 Kbps. En el enfoque D4, la información de señalización es transportada mediante el deshecho de un bit tomado solamente cada seis muestras DS0 (de 8 bits), esto tiene un efecto imperceptible en la calidad de la voz. Para propósitos de recuperación del reloj se diseñó un formato compuesto para tener al menos una actividad de variación mínima. Como una consecuencia, el canal de 64 Kbps no puede ser utilizado "en el claro" para propósitos de comunicación de datos, resultando en una tasa de transmisión de 56 Kbps DDS estándar para datos.

En 1977, el servicio T1 fue cotizado y ofrecido a los usuarios, pero los precios altos y la falta de un equipo apropiado del usuario en sus instalaciones (*Customer Premises Equipment - CPE*), no permitieron un uso amplio. En 1982 la AT&T revisó la tarifa del servicio T1 y lo renombró HCTDS. Esto estimuló a sus clientes para rentar facilidades de transmisión T1 sobre una base extremo a extremo para utilizarlo en redes privadas. Después de la desintegración de la AT&T, varios clientes corporativos visualizaron al servicio T1 como una alternativa atractiva para el servicio telefónico tradicional, y por lo tanto el T1 ha tenido un desarrollo significativo tanto como un medio de transmisión como también un método de acceso. Concurrentemente, ha habido una proliferación de CPEs basados en el T1 para aplicaciones de usuarios de voz y voz/datos [12].

7.3.3 Multiplexores T1

Con el propósito de combinar canales de voz o de datos para la transmisión sobre un canal T1, es necesario un multiplexor T1. Los multiplexores de voz T1, son nombrados bancos de canales, se producen en grandes volúmenes, y ofrecen un bajo costo por canal (100

U.S.D. a 200 U.S.D.). Estos pueden ser equipados con unidades de canales de datos para proporcionar canales de datos (DDS) a 56 Kbps [12].

El advenimiento de la fibra óptica ha contribuido a la explosión del uso del servicio T1. Una variedad de nuevos equipos CPEs basados en T1 proporcionan una gama de características de voz y datos, incluyendo voz a tasas bajas de transmisión de bits (hasta 96 canales por T1 utilizando técnicas ADPCM), unidades mezcladas de voz/datos, tasas de transmisión de datos de hasta 1535 Kbps, y capacidad de funcionamiento en redes multipunto. Los precios por canal varían típicamente entre 250 U.S.D. y 500 U.S.D. [12]. Están emergiendo nuevos estándares para el T1 para proporcionar un servicio digital. Nuevos formatos de trama (Supertrama Extendida) y señalización de interfase (BQZS) posibilitará la implementación de canales transparentes de 64 Kbps, revisión en línea de errores, y una interoperabilidad mejorada. Sin embargo, el despliegue será gradual, de acuerdo a la actualización que se desarrollará en las plantas.

7.3.4 Temporización de la Red

Deben hacerse consideraciones adicionales de temporización para los circuitos híbridos, particularmente cuando se realizan interconexiones entre un sistema satelital y la red telefónica conmutada pública (*Public Switched Telephone Network - PSTN*). El T1 es el vehículo de transporte dominante. Con el fin de minimizar los errores de datos debidos a los corrimientos digitales, la frecuencia del reloj de las señales de T1 son controladas de manera precisa por los *national standards* de Estados Unidos, y éstas incluyen las señales DDS, las cuales están sincronizadas con el T1.

Cuando estos circuitos terrestres se conectan a los circuitos satelitales, se presenta una incongruencia en el sistema de reloj debido a los retrasos provocados por las variaciones orbitales diarias del satélite. Cada milla de variación de la inclinación resulta en una variación de viaje redondo de 10.6 microsegundos. Los circuitos satelitales normalmente están provistos con bancos de memoria de miles de bits (conocidos como unidades *doppler buffer*), los cuales aseguran que el retraso se mantendrá constante. Tales bancos de memoria son necesarios para que la red pueda operar de manera síncrona, y son conectados generalmente en el punto de interfase con la PSTN.

7.4 Conmutación

Actualmente existen tres tipos principales de tecnologías de conmutación que han evolucionado para soportar tres tipos diferentes de servicios:

- Conmutación de circuitos telefónicos

- Conmutación de paquetes
- Conmutación digital de conexión cruzada

7.4.1 Conmutación de Circuitos Telefónicos

La conmutación telefónica opera sobre una base por llamada. Para la duración de la llamada, un canal continuo es conmutado a través del destino y es reservado solamente para esa llamada. Aunque ha sido diseñado principalmente para voz, se utiliza frecuentemente para datos a través de marcación, utilizando módems de datos apropiados para el ancho de banda de la voz, cuya operación típica es a no más de 4800 bps. A través del desarrollo de tecnologías digitales y de software, los conmutadores telefónicos han evolucionado para proporcionar mayor funcionalidad y características extendidas.

La dedicación de canales continuos para varios requerimientos de datos es un gasto inútil de ancho de banda; los datos se presentan frecuentemente en ráfagas, con una utilización promedio del canal baja (esto es particularmente cierto en aplicaciones de datos interactivos). La transmisión de datos, frecuentemente necesita de ciertas características que no están disponibles para la tecnología de conmutación telefónica tradicional; éstas incluyen un establecimiento de la llamada rápido, tasas de errores de transmisión bajas, y usuarios de datos simultáneos sobre facilidades físicas.

7.4.2 Conmutación de Paquetes

Los conmutadores de paquetes y las redes de conmutación de paquetes (*Packet Switching Network* - PSN) han evolucionado para soportar las necesidades de los módems de comunicación de datos. Este crecimiento ha sido facilitado por la aceptación de un estándar para interfase de usuario común, el X.25, desarrollado por el ITU-T. De acuerdo al modelo de la Interconexión de Sistemas Abiertos, el X.25 es un protocolo funcional y físico constituido por niveles (véase el Apéndice D), diseñado para proporcionar una interconexión flexible de datos con una característica de interoperabilidad internacional y soporte "abierto" para un rango amplio de intereses del usuario. El X.25 es aplicable entre el DTE del usuario y el DCE de la red e incluye los niveles físico de enlace y de paquete.

El X.25 se revisa en ciertos periodos para realizar algunas mejoras en sus características que redundan en una mayor flexibilidad para soportar ciertos servicios y facilidades a los usuarios del mismo. Este también es soportado por algunos estándares relacionados, incluyendo el X.121, un plan de numeración internacional, y el X.29, un estándar para equipos (PAD) que actúa como interfase y soporta terminales asíncronas a una PSN X.25. Otros equipos PAD (*Packet Assemblers Disassemblers*) están diseñados para posibilitar la interconexión de PSNs con equipos SNA y Bisíncronos. Los principales productores de

equipos de cómputo proporcionan ahora interfaces X.25. El protocolo X.25 es también utilizado con ventaja para sistemas satelitales TDM/TDMA.

7.4.3 Conmutación Digital de Conexión Cruzada

Una tercera forma de conmutación está teniendo un incremento en su aplicación de alimentador, inter-oficinas y algunas aplicaciones en las instalaciones del cliente. El uso universal del T1 en las redes actuales ha creado la necesidad de una conexión cruzada de cualquiera de los DSOs con otros T1s congregados en una oficina central u otro sitio sin la necesidad de rebajarse al VF. Los conmutadores de conexión digital cruzada (*Digital Cross connect Switches - DCS*) se utilizan para aplicaciones para circuitos dedicados o servicios especiales cuando los tiempos de conexión son horas o mayores y no son direccionados por llamadas. La razón de ser de los DCSs es su costo mucho menor que el costo de los conmutadores de circuitos (llamadas). Los cables y clavijas de los sistemas manuales han dado paso a los "mapeos electrónicos" del DCS, los cuales pueden ser actualizados remotamente desde un sitio de administración del servicio central. Las aplicaciones para el DCS incluyen:

Llenado:

Las líneas T1 con acceso del usuario pueden tener un número más bajo de canales activos, los cuales serán malgastados por las transmisiones a los sitios subsecuentes. Los T1s destinados para un sitio común pueden ser configurados para una eficiencia de transmisión mejorada.

Orden

Separación de los canales de entrada por la categoría del servicio, enrutado de servicios especiales a los T1s apropiados y colocación de servicios POTS en los T1s de salida destinados para la conmutación de circuitos, evitando la asociación de un conmutador costoso con circuitos "hilvanados".

VPN:

Red Privada Virtual (*Virtual Private Network*). Interconexión de localidades del cliente diversas de acuerdo al plan de la red del mismo cliente. Esto puede incluir la capacidad de la red de administrada por el cliente (*Customer Managed Network - CMN*).

Los DCSs se utilizarán para ordenar e interconectar circuitos conmutados, paquetes conmutados, y circuitos satelitales.

7.5 Otras Tecnologías

Existen otras tecnologías de conmutación como el *Frame Relay* y el ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). De estas tecnologías, la primera apenas empieza a probar las interconexiones a nivel satelital, mientras que la segunda, fue mas bien ideada para trabajar con redes de fibras ópticas, dicha tecnología no es compatible con las redes VSAT (satelitales) ya que debido a la naturaleza de la técnica de transferencia que maneja, el retardo de propagación (aproximadamente de medio segundo para el viaje redondo) hace prácticamente imposible su operación en el ambiente VSAT.

7.5.1 Descripción de la ISDN

Una ISDN (*Integrated Services Digital Network*) se define como una red digital de propósito general capaz de soportar (u originar) un amplio rango de servicios (tales como voz, datos, texto e imagen) utilizando un pequeño grupo de interfaces de red de usuario multipropósito. Una diferencia clave entre una ISDN y una red digital integrada telefónica (o multiservicio) (*Integrated Digital Network - IDN*) es la provisión de un acceso al usuario final digital integrado o unificado entre las instalaciones centrales del usuario y la ISDN de manera que soporte una multiplicidad de servicios [3]. En la Fig. 7.3 se puede observar una arquitectura general conceptual de una ISDN. Esta versión permite la separación de las funciones de acceso de las funciones de la red vía un nodo de acceso. El objetivo del ITU-T es definir un grupo mínimo de estándares de protocolos e interfaces entre el nodo de acceso y los usuarios. Estos incluyen accesos con tasas de transmisión básicas (25+D) y acceso con tasas de transmisión primarias (23B+D ó 30B+D). En paralelo, se están desarrollando estándares de red basados en el Sistema de Señalización #7 (SS7) utilizando la parte de usuario del ISDN (*ISDN User Part - ISUP*) o los protocolos de señalización de datos ITU-T Q931 recientemente desarrollados. El canal B (Canal de Información del Usuario) de 64 Kbps es de datos por conmutación de circuitos o paquetes. El canal D (Canal de Señalización) es de 16 Kbps para las tasas de transmisión básicas y de 64 Kbps para las tasas de transmisión primarias. El canal D también puede utilizar servicios de información de datos/telemetría por conmutación de paquetes. Se pueden conseguir dos tasas de transmisión adicionales aparte de la de 64 Kbps obtenida en un canal con tasa de transmisión primaria, 384 (H0) Kbps y 1535 (H11) Kbps [36]. El SS7 en el ambiente ISDN proporcionará mecanismos de transporte (vía conmutación de paquetes) dentro de un BOC o dentro de un Canal de Señalización Común (CSC). El CSC es utilizado para servicios tales como inicialización de una llamada (contra una señalización de *inband*) características de bases de datos (800/tarjeta de crédito/...), transporte de un mensaje definido por el usuario, adición de más aplicaciones, y una mejor administración de los recursos de la red.

Los servicios de telecomunicación definidos por la ISDN son el servicio de mensajería y el teleservicio. El servicio de mensajería proporciona la capacidad de conexiones por conmutación de circuitos o por conmutación de paquetes para realizar la transferencia de

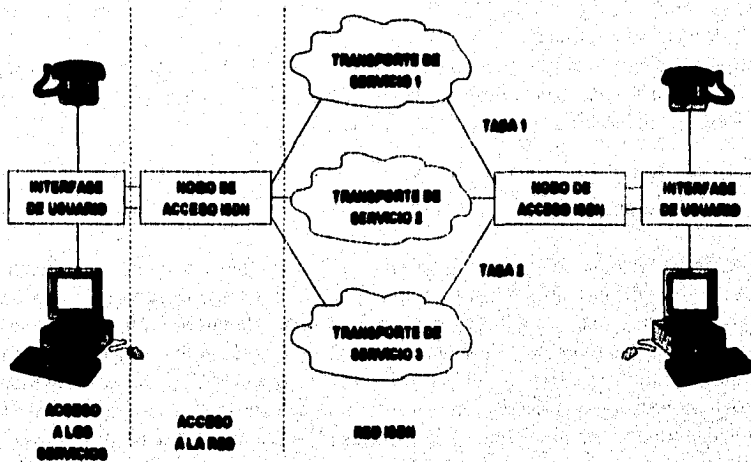


Figura 7.3 Configuración de una Red ISDN

información entre los interfaces de la red del usuario (por ejemplo servicios de portadora común en los Estados Unidos). Estos servicios corresponden a los niveles OSI del 1 al 3 con tasas de transmisión de información para transferencias del orden de los 64, 384 y 1536 Kbps. El teleservicio proporciona una capacidad completa para comunicación entre usuarios, esto puede incluir procesamiento de información, conversión de protocolos, etc. El teleservicio requiere del servicio de mensajería para el transporte y corresponde a uno o más de los niveles más altos de la OSI (4 al 7). Este servicio no está bien definido todavía.

Desde el punto de vista del diseño, el nodo de acceso parece ser el elemento más crítico en la implementación de una ISDN. En un ambiente ISDN la ruta de la voz es separada lógicamente de la ruta de los datos (en los canales B o D) aunque físicamente se encuentra integrada [12]. El nodo de acceso no solamente debe proporcionar la separación lógica de la ruta de información de voz, de datos y de señalización, sino también tiene que actuar de acuerdo a una información de señalización común para voz y datos para coordinar los servicios de cada una de estas rutas de manera apropiada vía las rutinas de los procesos de llamadas. El nivel de integración de la voz y los datos es otro elemento importante en el ambiente ISDN. En general, se puede lograr una economía substancial en la eficiencia del

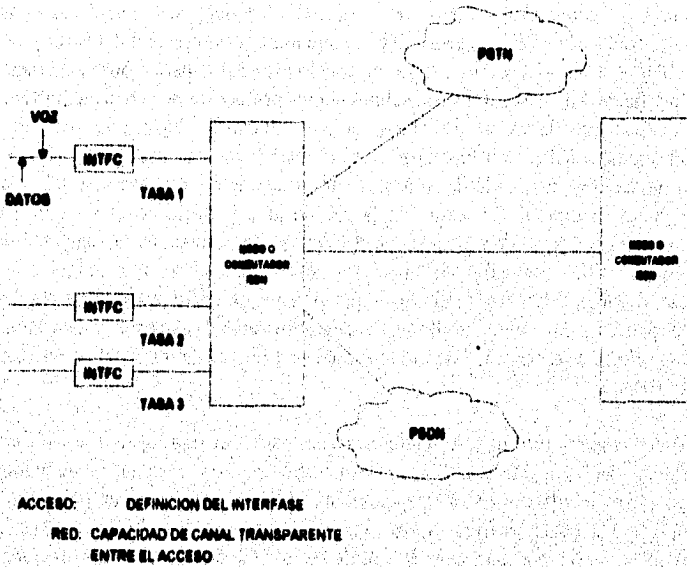


Figura 7.4 Elementos de Acceso y Configuración de la Red en un ambiente ISDN

ancho de banda integrando la voz digitalizada proveniente de un conmutador, los datos provenientes de las LANs, CPUs, y controladores de comunicaciones en un solo tren de bits común. Una red integral ideal deberá ser capaz de realizar todos los diferentes niveles de integración. Sin embargo, esto introduce un número de elementos en términos de conversiones de protocolos y conmutación.

Los elementos de la arquitectura de la red ISDN se muestran en la Fig. 7.4. Los elementos mostrados en esta figura son los NTI y la definición de los interfaces U, estímulo y señalización funcional, servicios de modo LAN/Paquete del ISDN, capacidad de canal transparente, interconexión de redes de conmutación de paquetes de datos, y servicios no conmutados. Además de éstos, el costo y disponibilidad de los productos y servicios de una ISDN no está bien determinado aún. Para varios usuarios, la ISDN puede ser la tecnología de comunicaciones del futuro. Pero para usuarios grandes, el tiempo es crítico y no pueden esperar por una respuesta tecnológica a futuro. Dentro de la definición del ITU-T de la arquitectura de una ISDN, el NTI es considerado la capacidad de terminación de la red mínima. Esta separa el punto de acceso del usuario al TI con capacidad multipunto desde

el método de la distribución local punto a punto en U, el cual puede variar en tiempo. En los Estados Unidos sin embargo, la Comisión Federal de Comunicaciones (*Federal Communications Commission - FCC*) piensa que el NTI debe ser considerado como el equipo en las instalaciones del usuario - CPE - y sujeto de ser propiedad del suscriptor de la ISDN. La ISDN del ITU-T proporciona un protocolo específico para ambas señalizaciones de estímulo y funcionales. Sin embargo, solamente los protocolos de señalización funcional que cubren las capacidades de establecimiento de llamadas básicas se han definido completamente. La señalización funcional está orientada a las terminales inteligentes. Esto permite un intercambio mejorado de controles e información entre la terminal y la red para obtener servicios mejorados y nuevos. En la red de área local ISDN (LAN), no existen estándares específicos para identificar como deberá ser proporcionada la funcionalidad ya sea directamente a las terminales vía interfases del abonado (T o S) o indirectamente a través de un *gateway* ISDN/LAN. El canal transparente es un requerimiento clave de la ISDN para permitir una compatibilidad de servicios global extremo a extremo. Esta capacidad se refiere a la habilidad de proporcionar una ranura de un canal de 64 Kbps sin ninguna restricción.

En México actualmente este tipo de interconexiones está teniendo lugar, aunque de cierta manera desorganizada, debido al alto nivel de innovación, a través como ya mencionamos de *carriers* los cuales ofrecen redes integradas que incluyen servicios satelitales así como de fibra óptica. De estos *carriers* el más grande y conocido es TELMEX, aunque se comienzan ya a gestar asociaciones de entidades de telecomunicaciones nacionales y extranjeras, prácticamente de Estados Unidos, aunque existe también una empresa Argentina que busca abrirse un lugar en el mercado nacional de las telecomunicaciones llamada IMPSAT, para cuando en 1997 se libere la concesión de servicios telefónicos de larga distancia a proveedores particulares además de TELMEX.

CAPITULO 8

Criterio de diseño de redes empleando la tecnología VSAT

8.1 Introducción

Las terminales de apertura reducidas (VSAT) son, como ya hemos visto, estaciones terrenas de dimensiones reducidas de bajo costo utilizadas para comunicaciones bidireccionales a través de un satélite. Se pueden utilizar para implementar redes distribuidas de costo eficiente en ambientes donde los sitios individuales tienen menos del 100 % de un ciclo de operación sobre su línea de comunicaciones. Estas permiten eficientemente el multiplexado estadístico de cada sitio conectado sobre una sola portadora bidireccional de alta velocidad, con una capacidad asignada dinámicamente de acuerdo a la demanda dentro de la red. Los estándares en las redes no han evolucionado todavía, con el sistema completo, como lo comentamos en el capítulo 4, utilizando protocolos internos propietarios. Se proporciona información suficiente a los usuarios prospectivos para entender y por lo tanto evaluar las tecnologías básicas involucradas, así como para efectuar análisis de planeación de la capacidad.

Los sistemas de comunicaciones satelitales se han considerado como un cambio revolucionario debido a la explotación de sus capacidades por los usuarios. Estas son estaciones terrenas de bajo costo como ya hemos visto en los capítulos anteriores, de un diámetro típicamente del orden de 1.8 m utilizado para transferencia de datos de media velocidad (desde 1,200 hasta 128,000 bps).

Todos los fabricantes de equipos para VSATs basan su equipo en una tecnología por medio de la cual un gran número de estaciones remotas se comunican con una sola, y gran estación terrena maestra (HUB). En la práctica, las VSATs son instaladas en el mismo sitio donde radican las instalaciones del centro de cómputo regional - terminales, controladores de red o minicomputadoras. La estación central HUB está directamente enlazada al centro de procesamiento de datos (CPD) principal del usuario. Por lo tanto estos sistemas son a veces nombrados genéricamente "Servicios de Red en Estrella" ya que todas las terminales remotas están enlazadas al sitio central en una configuración estrella.

No es posible todavía una unificación de criterios de diseño y operación en el terreno de las VSATs, debido a que no existe una estandarización de los productos. Todos utilizan sus

propias técnicas de diseño de redes, y está implícita una incompatibilidad funcional (es decir una red integrada solamente puede considerar un solo tipo de red VSAT). Al respecto, el mercado de VSATs es similar al mercado de microcomputadoras en la década de los 70's, inundado de productos, todos ofreciendo razones costo/beneficio sin precedentes, pero así mismo todos difieren en diseño.

En la práctica, se utilizan básicamente dos tipos de tecnologías de acceso. La primera utilizada solamente por el Ecuador, es conocida como acceso múltiple por división de código (*Code Division Multiple Access* - CDMA). Este está teniendo un especial desarrollo para los sistemas de seguridad utilizados precisamente en los sistemas militares de cambio de frecuencia, y está caracterizado por su bajo costo y un tráfico comparativamente bajo. El otro sistema es conocido como acceso múltiple por división de tiempo (*Time Division Multiple Acces* - TDMA), respecto al cual, todos los fabricantes utilizan una variante de éste mismo. La mayoría de los criterios discutidos en este capítulo suponen la utilización del método TDMA, sin embargo varias de las características funcionales se pueden aplicar también a los sistemas CDMA (Ecuatoriales).

8.2 Los Factores de Costo Básicos

En cualquier sistema de comunicaciones satelital, el costo está formado por dos componentes básicos. Estos son el costo de la capacidad satelital ("segmento espacial") y el costo de las estaciones terrenas junto con las facilidades terrestres asociadas ("segmento terrestre"). El éxito de las VSATs está basado en el concepto de la reducción de estos costos.

8.2.1 Segmento Terrestre

Las VSATs son ubicadas generalmente, en los centros de proceso de datos (CPD) de los usuarios, eliminando con esto, la necesidad de circuitos de conexión entre la VSAT y estos mismos. En general, los únicos circuitos terrestres utilizados se localizan entre la estación maestra (HUB) y el centro de proceso de datos principal (CPDP). Para los usuarios que operan desde su propio HUB este costo también se puede eliminar.

En las configuraciones típicas de redes, un solo HUB se conecta con varias incluso cientos de VSATs. Una decisión constante en el diseño es mantener la complejidad incluso aumentarla en el HUB, para poder entonces mantener, tanto como sea posible, la simplicidad en las VSATs. Esto es posible debido a que el HUB y las VSATs están por definición en comunicación éste con cada una. En una red grande, cada dólar ahorrado puede pagar por varios cientos de dólares invertidos en equipo que vale la pena en el HUB.

Las VSATs por sí mismas son dispositivos simples relativamente hablando. Existe un dicho en la jerga de las comunicaciones que dice, una estación terrena de mediana capacidad es realmente tan simple e intrínsecamente deberá ser tan barata como una televisión de color. La diferencia entre las estaciones terrenas y la televisión es el volumen de la producción; los fabricantes de televisión amortizan sus costos mientras más grande es la producción. Los fabricantes de VSATs economizan sobre la escala, produciendo estaciones terrenas con una alta funcionalidad tanto como sea posible, permitiendo que se le distribuya a una gran parte del mercado el producto, y por lo tanto baje el costo de su producción. El factor común más alto en una estación terrena, es actualmente la evolución hacia una unidad con una plato de 1.8 m, cuatro puertos de datos con tasas de transmisión configurables (*downloadable*), y canales de voz bidireccionales y funciones de TVRO opcionales. Generalmente se soportan todas las velocidades comunes hasta 64 Kbps incluso, este tipo de equipos está disponible actualmente, y es que utilizamos como base para la implementación del caso práctico del capítulo 9.

Mediante esta técnica, el costo de una VSAT relativamente sofisticada es de aproximadamente 15,000 dólares por unidad (pueden consultarse el capítulo 9 y el apéndice B).

Debido a su naturaleza, no son posibles los ahorros en la fabricación de las estaciones HUB de acuerdo a su escala de producción, las cuales siguen representando elementos de costo relativamente alto, alrededor de 1 a 3 millones de dólares (véase el capítulo 9 y el apéndice B). Aunque en una red suficientemente grande este costo no es un impedimento para su implementación, sí constituye un factor importante para considerar a la proposición de la red VSAT una opción cara. A este respecto, las estaciones terrenas NEC, constituyen buenas opciones por su alto desempeño y bajo costo de mantenimiento, ya que han desarrollado el concepto de los semi-HUBs que son especie de pequeñas estaciones HUB, de mediana capacidad y costo no muy alto. Mediante la utilización de estos semi-HUBs, el usuario o *carrier* (arrendador de canales satelitales) amortiza el gasto que representa la construcción de un HUB potencialmente capaz de soportar varios cientos de VSATs para varios clientes pequeños, mismos que no justifican la propiedad de un HUB para ellos.

8.2.2 Segmento Especial

El criterio fundamental de diseño en las comunicaciones satelitales se encuentra entre la dimensión física de los platos y el segmento espacial requerido. Para una aproximación de primer orden, la cantidad de segmento espacial requerida es inversamente proporcional al área del plato reflector, en otras palabras, al cuadrado del diámetro.

Para estaciones de alta capacidad, que reciben una cantidad considerable de datos, el criterio del diseño favorece a un plato reflector grande. Esto es debido a que reduce el

costo del segmento espacial en cada circuito de entrada (efectivamente cada octeto - *byte* - de datos), y sobre grandes cantidades de flujo de datos esto dominará sobre el costo de los platos grandes. Esto es exactamente la situación de la estación terrena tipo HUB; una gran cantidad de información pasa a través de un sitio único (de hecho se puede considerar como el único extremo de cada circuito virtual en la red), por lo tanto se utilizan platos grandes cuyos diámetros se cuentan a partir de los 6 metros (aunque en algunos casos no muy comunes, podemos encontrar platos de 4.5 y 5 metros, como los semi-HUBs que ya mencionamos).

Las VSATs están exactamente en el extremo opuesto. En este caso el flujo de datos, es comparativamente menor, mientras que la tasa de transmisión de los canales es de alta velocidad, con un ciclo de servicio muy bajo (esto es particularmente cierto en el caso de las redes SCPC (*Clear Channel*)). Sin embargo, existen potencialmente cientos de platos en la red, y el costo de una antena ligeramente más grande se multiplica varios cientos de veces a través de la red. Por lo tanto los sitios con bajo tráfico en gran número se implementan a través de antenas muy pequeñas de bajo costo.

Por lo tanto una red VSAT tiene una estación de gran capacidad, y varias y mucho más pequeñas estaciones terrenas de baja capacidad. El HUB y las estaciones terrenas pequeñas representan diferentes extremos del criterio segmento espacial/segmento terrestre.

8.3 Características Lógicas de la Red

En el modelo más simple de una red VSAT, existen dos rutas de transmisión independientes. Una de estas se denomina "*outbound*", y es el canal unidireccional que va desde HUB y es recibido por todos los platos pequeños o VSATs. El otro canal de transmisión es denominado como "*inbound*", y es el canal común utilizado por todos los platos pequeños para comunicarse al HUB (existen otros nombres diferentes más rimbombantes como el *outroute* e *inroute* utilizado por la compañía Hughes, pero se siguen refiriendo al mismo concepto).

Estos dos canales operan bajo principios completamente diferentes.

La señal de *outbound* (del HUB a las VSATs) es la más simple de las dos. Es un canal único de difusión, recibido por cada VSAT. Este funciona bajo el principio de un protocolo de paquete, con la dirección (nombre) de cada VSAT destino contenida en cada encabezado del paquete (como vimos en el capítulo 2). Mientras que cada VSAT recibe cada paquete, un elemento lógico en el equipo terminal filtra todos los paquetes excepto aquellos que contengan la dirección de esa terminal. En este canal de *outbound*, el HUB funciona como un multiplexor estadístico simple o como un PAD (*Packet Assembler*

Disassembler). Una gran parte de la eficiencia de una VSAT se deriva de la incorporación de su tráfico a un circuito único. Conceptualmente, esto es como si todos los nodos del usuario estuvieran localizados en el mismo sitio y compartieran un canal de muy alta capacidad. Es como si, el circuito satelital fuera recibido simultáneamente en todos los puntos dentro de la red (punto a multipunto), y de hecho esto es lo que pasa.

El canal de *inbound*, que va de las VSATs al HUB, implica más complejidad en su funcionamiento. Debido a que las VSATs están geográficamente dispersas, no existe un método único para regular su acceso al canal único. Cuando dos VSATs intentan acceder al canal único al mismo tiempo, sus transmisiones se interferirán y entonces por lo menos uno o incluso los dos paquetes transmitidos se perderán. La primera forma en que estas VSATs se darán cuenta de este hecho, es que no recibirán el reconocimiento correspondiente a estas transmisiones. Ya que esto requiere de un doble salto satelital (uno hacia el HUB, y el reconocimiento que regresa dicho HUB a la VSAT), por lo menos transcurrirán 540 milisegundos. Las VSATs que experimenten colisiones en sus transmisiones (*call collision*) esperarán entonces un tiempo aleatorio (medido en milisegundos) antes de intentar una retransmisión. Las retransmisiones se evitarán si es posible ya que éstas bloquean la ruta de transmisión y aumentan los tiempos promedio de respuesta. Los conceptos matemáticos utilizados para determinar las colisiones de las llamadas están basados en la distribución de Poisson de las transmisiones de los paquetes; la situación es matemáticamente similar al dimensionamiento de los conmutadores con una cola de llamadas bloqueadas. Se puede deducir que el canal se saturará cuando el tráfico recibido es un medio del recíproco del ancho de banda, es decir aproximadamente el 18.4%. A este nivel de tráfico el canal utiliza todo su tiempo en intentos de retransmisiones sin realizar transacciones de datos exitosas a través de él. Los canales siempre operan por debajo del máximo teórico, para reducir la proporción de paquetes perdidos por colisión y por lo tanto el tiempo promedio de respuesta [5].

Todos los fabricantes han implementado esquemas para mejorar la eficiencia del canal de *inbound*. El esquema más simple, descrito en las líneas anteriores, es conocido como ALOHA. El siguiente nivel de sofisticación es conocido como ALOHA ranurado. En este caso, las VSATs solamente pueden iniciar una transmisión en cierto tiempo, conocido como "marcas de reloj". Estas tienen lugar típicamente cada 20 a 50 milisegundos. Todas las VSATs utilizan el mismo reloj nominal. Con el ALOHA ranurado, los paquetes se pierden o se traslapan completamente, o sea, se ha eliminado la situación en la que se traslapaba solamente la mitad del paquete. Si se presenta una colisión en la transmisión, la VSAT espera un número aleatorio de marcas de reloj, en vez de esperar un tiempo aleatorio como en el ALOHA puro, antes de intentar retransmitir. Suponiendo que las marcas de reloj están separadas por la misma longitud que el tiempo que toma transmitir el tamaño estándar del paquete, esto permite duplicar la eficiencia a 36.8%. No es necesario equipar a cada VSAT con un reloj tan preciso cuya exactitud esté dentro de las fracciones de milisegundos; el HUB transmitirá una señal de sincronía a todas las VSATs. Durante la interacción con una VSAT, el HUB mide el tiempo de retorno para transmitir a la VSAT, y genera y transmite a

ésta, un factor de retraso (tiempo de corrimiento - *offset time* -) que se sumará al reloj del HUB para compensar las diferencias de distancia debido a cada localidad geográfica (nótese que puede haber diferencias de varias decenas de milisegundos cuando se realizan transmisiones satelitales desde diferentes lugares del territorio nacional en México por ejemplo, vía el Sistema Solidaridad de Satélites).

Una sofisticación más, ofrecida por la mayoría de los fabricantes, es la reservación de canal. Cuando una VSAT detecta que se necesita transmitir una gran cantidad de información (por ejemplo, si sus memorias - *buffers* - internos se están llenando), ésta puede enviar al HUB una solicitud para reservar cierta cantidad de ranuras de transmisión exclusivamente para esa VSAT. Si es aceptada, el HUB enviará, en forma de radiodifusión, un mensaje a cada VSAT con el comando apropiado para que dejen de transmitir durante cierta cantidad de ranuras (por ejemplo cada 10 ranuras) y dejarlas libres para que la VSAT solicitante con exceso de tráfico, transmita libremente. La VSAT transmisora informará al HUB cuando la transmisión esté a punto de finalizar, dejando libres las ranuras para que puedan utilizarse en la transmisión de paquetes regulares. Con esta técnica, la eficiencia del canal alcanza casi un 100 % proporcionalmente al aumento del tamaño promedio del mensaje. Efectivamente, el HUB termina de conmutar paquetes y comienza a conmutar circuitos (realmente, subcircuitos dentro de cada portadora de *inbound*) y esta es conocida como operación en modo de circuito conmutado. Sin embargo, siempre se deberá dejar cierta capacidad para la conmutación de paquetes, ya que fue precisamente a través del uso de un paquete sin solicitud como la VSAT reservó la capacidad del canal.

8.4 Nivel del Protocolo del Usuario

Hasta este momento no se ha hecho referencia a la comunicación interna del sistema satelital. La relación costo eficiencia de la comunicación se deriva de la asignación por demanda de la capacidad. La capacidad de transmisión solamente es consumida cuando existen datos reales a ser transmitidos, por lo tanto existe un incremento real de la ganancia proveniente de las terminales con un ciclo de servicio menor al 100 %. Es claro, sin embargo, que la red satelital deberá "entender" los protocolos involucrados dentro de ésta misma. Si no tiene conocimiento del formato de los datos a ser transmitidos, éste tendrá que transmitir las marcas de sincronía del PAD, o lo que sea necesario para separar los bloques reales de datos y el ancho de banda completo del tren de datos de entrada que deberán ser transmitidos a través del satélite. Por lo tanto no hay incremento en la ganancia, y el costo del segmento espacial requerido se incrementa dramáticamente. Aun más, es muy recomendable colocar una parte del control del protocolo dentro de las VSATs. Por ejemplo, en el protocolo SDLC, cada bloque debe ser reconocido por el *host*. En una red VSAT, estos reconocimientos "*Acks*" son generados localmente. Similarmente, la estación HUB realiza el reconocimiento localmente a los bloques de datos generados por

el *host*. La integridad del enlace HUB-VSAT está garantizada por su propio protocolo interno. Estos dos elementos reducen la cantidad innecesaria de revisión y encuesta del estado del enlace así como el aislamiento de las computadoras de problemas potenciales del protocolo derivados del retardo (ya que los reconocimientos son generados localmente y por lo tanto inmediatos). Cualquier protocolo donde los datos puedan ser diferenciados desde un elemento de interconexión son susceptibles de ser manejados de esta forma; por ejemplo están disponibles, típicamente el SDLC, X.25 y el Bisync. No así en el caso de protocolos de redes locales (LANs) como en el caso del IEEE 802.3, el cual maneja un "eco" a nivel del ICMP, que espera por la respuesta real del extremo destino (no hay emulación en el interfase satelital), para este efecto se manejan tiempos adecuados al retardo satelital, como es el caso de la Red NEXTAR IV diseñada y fabricada por NEC Co. [14]. Misma que se describió en el Capítulo 4.

8.5 Un Ejemplo Típico

Se requiere conectar una red distribuida consistente en 10 localidades a lo largo del territorio de la República Mexicana con una computadora HOST. En cada sitio se tiene una terminal; para obtener una tasa de actualización de la pantalla adecuada se ha determinado que se necesita al menos un circuito de 1200 bps o su equivalente en cada sitio.

La terminal se utilizará para responder a las solicitudes de información del cliente; se ha determinado que tendrán un ciclo de servicio efectivo de 1% (por ejemplo se procesará una transacción por minuto, consistente en aproximadamente de 100 bytes en cada dirección).

Si se implementara a través de un sistema terrestre, éste requeriría de cien circuitos de 1200 bps.

Implementada a través de un sistema satelital, podríamos determinar que el tráfico de la red acumulado promedio es de 1200 bps esto es 100 sitios multiplicados por un ciclo de 1% por 1200 bps. Suponiendo que el canal de inbound está corriendo a un 25% de eficiencia, la capacidad total requerida de la portadora de inbound será igual a 4800 bps. El canal de *outbound*, corre a casi el 100% de eficiencia, requerirá solamente de 1200 bps. En la práctica, el circuito satelital será utilizado probablemente a 9600 bps en configuración *full duplex*.

Por lo tanto en una red VSAT, cien circuitos terrestres individuales de 1200 bps pueden ser reemplazados por un solo circuito de 9600 bps. Las ventajas de esta solución son:

- Costo. El circuito individual de 9600 bps será claramente más barato que los 100 circuitos terrestres individuales de 1200 bps.

- **Tiempo de respuesta.** Durante la operación normal, una o a lo sumo dos terminales están transmitiendo en el mismo instante. Por lo tanto éstas acceden a un ancho de banda de transmisión mayor (9600 bps o 4800 bps respectivamente) para completar la transacción.
- **Capacidad de expansión.** Las VSATs tendrían más puertos disponibles para conectar en ellos dispositivos adicionales; la capacidad de la portadora (la capacidad de soportar adición de tráfico) puede ser modificada transparente e inmediatamente desde el HUB; la velocidad de los puertos puede ser alterada vía un *software* de control.
- **Simplicidad.** La red consiste solamente de un HUB y varias VSATs, no existen dispositivos intermedios (tales como conmutadores de paquetes o multiplexores) para que puedan operar; y la localización geográfica de los sitios se convierte en algo casi irrelevante. Las redes VSAT son homogéneas, y por lo tanto requieren de un mantenimiento más simple. Se dispone de estadísticas completas en un solo sitio (el HUB).

En resumen, las VSATs son en varias formas la industria de comunicaciones equivalente a la industria de las computadoras. De la misma manera que las PCs, éstas son el resultado de la miniaturización, simplificación y producción masiva de lo que fueron anteriormente equipos costosos y de dimensiones imprácticas (por ejemplo las antenas del tipo *standard A* de 32 metros de diámetro). Para las aplicaciones apropiadas, éstos aseguran razones de precio/desempeño sorprendentes.

Existe una pequeña duda acerca de si las VSATs tendrán un impacto dramático sobre la industria de comunicaciones de datos. El único factor que hace más lenta la aceptación de las VSATs es aquel que retrasó la aceptación de las microcomputadoras en los 70's, la falta de estandarización del producto. Los usuarios que puedan determinar precisamente sus necesidades del producto ayudarán finalmente a definir los estándares necesarios para implementarlos. En la actualidad la compatibilidad entre diferentes soluciones VSAT no existe, si acaso ésta solo se presenta a nivel de radio o frecuencia intermedia, como en el caso de los equipos de radio de NEC y Hughes, el segundo utiliza los equipos del primero para la implementación de sus estaciones VSAT, sin embargo hablando de los módulos de banda base de estos dos fabricantes, la historia es menos grata, ya que son completamente disímiles e incompatibles.

CAPITULO 9

Diseño de una red VSAT para la transmisión de multimedia: Caso práctico

9.1 Introducción

El propósito de este capítulo es detallar los criterios y características de diseño de redes VSAT aprendidas en los capítulos 4 al 8. Aquí describiremos las consideraciones técnicas principales necesarias para la implementación de una red satelital privada multimedia, apropiada para un usuario de tipo corporativo, el cual tiene la necesidad de establecer un medio de transporte para datos, voz y video con el fin de comunicar varias plazas o sucursales a una estación maestra ubicada en la Ciudad de México. En la parte final especificaremos una aproximación del costo de la misma, enlistando en el apéndice B, para efectos de referencia técnica, las características principales del equipo utilizado para su implementación. En primer término debemos precisar que el diseño se realizará con base en las necesidades de comunicación de una compañía hipotética, teniendo en cuenta que nos basaremos en un perfil típico del ambiente de telecomunicaciones presente en los usuarios corporativos de hoy en día.

9.2 Descripción de la Red Propuesta

La configuración del sistema de comunicaciones de datos via satélite que se propondrá para la compañía X, se diseñará para soportar los servicios de datos mediante un equipo que utiliza el método de acceso AA/TDMA fabricado por la compañía NEC Co., para el caso de la comunicación de voz se propondrá la utilización de un equipo que se basa en el método de acceso SCPC-DAMA también de NEC y finalmente el sistema para video (específicamente para videoconferencia) se implementará a través de un sistema SCPC de canal transparente (*Clear Channel*) de NEC. Todos los subsistemas, se canalizarán a través de una red estrella en la que el nodo central (HUB) y las estaciones VSAT, se comunican mediante los servicios del Sistema Solidaridad de Satélites (SSS). El diseño de la red toma como base la optimización de la potencia del transponder del satélite y el tamaño de la

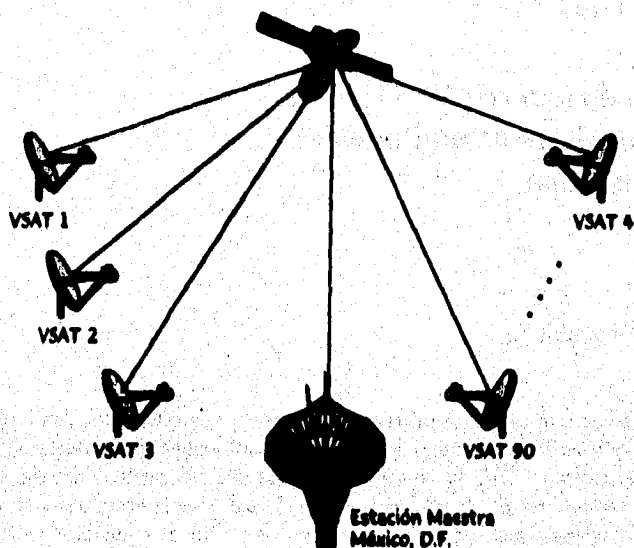


Figura 9.1 Topología General de la Red

estación terrena maestra así como de las estaciones remotas VSATs. En el caso de esta red así como en la mayoría de las redes actualmente instaladas, se dividirá al proyecto en fases de acuerdo al crecimiento de la misma dictada por el usuario. La Fig. 9.1 muestra un diagrama general de la red hasta la tercera fase. Los pormenores y detalles de los métodos de acceso (datos, voz y video) corresponden a los explicados en el capítulo 4.

La sección común del equipo de RF/FI de la estación maestra, misma que se asume tendrá su ubicación en la Ciudad de México, D.F., el tamaño de las antenas y capacidad de los amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA), se ha determinado a partir del posible crecimiento futuro de dicha red, de manera que pueda realizarse una expansión del equipo de banda base sin problemas con respecto a la potencia del equipo de radio y antenas. Lo anterior significa que la suma total de la potencia de cada portadora que se transmitirá desde la estación HUB hacia las estaciones VSAT no excede la potencia máxima de los amplificadores de potencia de estado sólido en la región lineal (*backoff* del amplificador).

La estación maestra, se divide básicamente en dos subsistemas, el de Radio Frecuencia (RF) y el de Banda Base (BB), los cuales describiremos a continuación:

9.2.1 Equipo de Radio Frecuencia (RF)

Para asegurar una operación confiable, todo el equipo de radio frecuencia (RF) así como el de frecuencia intermedia (FI), se configurarán en forma redundante (1+1), es decir por cada equipo en línea se tiene uno completamente idéntico de respaldo, mismo que contará con un sistema de conmutación completamente automático en el instante que se presente cualquier falla. El subsistema que se proporcionará para la red propuesta se enlista a continuación:

- Antena de tipo Cassegrain de 6.4 m de diámetro
- SSPA de 15 W en configuración (1+1)
- LNC de 150 K en configuración (1+1)
- Up/Down Converter en configuración (1+1)

9.2.2 Equipo de Banda Base (BB)

El subsistema de banda base que se utilizará para implementar esta red es el siguiente:

Sección de Datos

- Controlador de Acceso al Satélite (*Satellite Access Controller*) SAC/Módem en configuración redundante (1+1) con dos tarjetas cada una de un puerto con interfase tipo V.35 para soportar el protocolo X.25.
- Sistema Administrador de la Red SNMS (*Satellite Network Management System*).
- *Module Type Line Switch* (MTLSW), para realizar cambios del SAC en línea al de respaldo.
- SMC (*System Monitor Console*), para configuración y monitoreo

El SNMS es un sistema de gestión de la red satelital que tendrá como función principal el control de la red de datos AA/TDMA y permitirá al operador de la red monitorear, controlar y administrar (por ejemplo altas, bajas y cambios de nodos) cada elemento de la red de datos. El SNMS como acabamos de mencionar, proporcionará funciones de monitoreo y control, tales como configuración automatizada de la red, estado de operación centralizado de cada uno de sus elementos así como el monitoreo de alarmas y manejo de reportes estadísticos mismos que servirán para mantener estable la operación de la red a

través de análisis de tráfico periódicos. Con respecto a las funciones de control, éstas pueden ser llevadas a cabo de manera automática o manual (a través de un operador) vía el SNMS. Este sistema de control permitirá la identificación inmediata de problemas así como pistas para la solución de los mismos. El sistema de programas (*software*) se instala en el SNMS, el cual funciona como servidor de los controladores SAC mismos que se conectan en red local con éste, dicho sistema de programas también se cargan en los controladores de las estaciones remotas VSAT que llamaremos BBP (*Base Band Processor*) vía satélite desde el SAC. La SMC (*System Monitor Console*) es la interfase de tipo gráfico entre el usuario y el sistema administrador SNMS a través del cual tiene control absoluto de los equipos de banda base (en el caso de la red AA/TDMA) y de radio tanto de la estación maestra como de las estaciones remotas VSAT en un ambiente de ventanas (Motif-X11 UNIX) completamente amigable.

El equipo de banda base normalmente se localiza en la misma área del equipo de cómputo, y consiste básicamente de moduladores, demoduladores de FI, así como de Controladores de Acceso al Satélite (SACs) (véase el capítulo 4). El SAC Módem es el equipo de banda base y el controlador para acceder al medio satelital en una red AA/TDMA, o sea a través del método de acceso múltiple por división de tiempo, proporciona el control del canal satelital, así como el control de flujo de los datos, enrutamiento de paquetes y direccionamiento además de actuar como una interfase entre el FEP (*Front End Processor*) y las terminales remotas. Cada SAC/Módem tiene la capacidad de manejar hasta ocho portadoras de *inbound* (es decir ocho demoduladores) de 64 Kbps cada una, y una sola portadora de *outbound* (o sea un modulador) de 64 ó 128 Kbps en modo TDM. Para ambos tipos de portadoras se puede seleccionar una modulación BPSK o QPSK vía el SNMS, además se tiene la capacidad para manejar hasta doce tarjetas (en su configuración máxima) de tres puertos cada una, donde cada puerto puede manejar un protocolo distinto a través de interfases como V.24 o V.35, con velocidades que se encuentran en el rango de 100 bps hasta 64 Kbps, con opción de manejar un puerto LAN, IEEE 802.3 con interfase tipo AUI.

Se propondrá la configuración de una portadora de salida y dos de entrada para esta red, es decir, una portadora de *outbound* y dos de *inbound* por cada SAC/Módem (recordemos que uno de ellos opera como respaldo - *Stand By* -). El sistema de SAC/Módem propuesto estará configurado en forma redundante (1+1), contará con dos puertos V.35 cada uno, soportando el protocolo X.25, a través de los cuales se llevará a cabo la comunicación extremo a extremo con los nodos remotos (VSATs).

Sección de Voz

- Controlador de DAMA primario y de expansión en configuración redundante (1+1).
- ADPCM-VOICE MODEM, dos gabinetes con cinco canales y un gabinete con

tres canales

- Módem CSC en configuración redundante (1+1)
- Sistema administrador OPT para administración, configuración y monitoreo.

El controlador de DAMA Primario mejor conocido como PDC, es un sistema de procesamiento de datos de propósito particular, mismo que se encarga de implementar las funciones del protocolo de acceso múltiple al satélite DAMA, mediante el uso de un protocolo sincrónico del tipo HDLC. Este controlador PDC, proporciona las funciones de administración, configuración y monitoreo de los nodos de la red DAMA, vía una terminal de operación conocida como OPT, la cual consiste básicamente de una PC con sistema operativo MS-DOS, con plataforma 486, misma que se conecta al PDC a través de un puerto serial (véase el capítulo 4).

Los ADPCM-VOICE MODEM, son los equipos encargados de procesar las señales de voz, provenientes de equipos telefónicos (2 ó 4 hilos E&M) terrestres. Estos módem, proporcionan el interfase necesario para codificar la voz analógica a señales digitales (mediante al método ADPCM). La segunda función que proporcionan dichos módem, es modular/demodular en QPSK la señal de voz digitalizada, para enviarla al convertidor de subida en el HUB o al convertidor de alta potencia en las estaciones VSAT. La siguiente función de estos equipos consiste en realizar el intercambio apropiado de la señalización telefónica para establecer y terminar llamadas hacia y desde los equipos telefónicos terrestres.

El Módem CSC (Canal de Señalización Común) es un equipo que establece la comunicación para el control de acceso múltiple DAMA mediante un canal de servicio. Está directamente conectado al PDC, y transmite las señales de monitoreo y control de cada nodo (HUB o VSAT) de la red DAMA de voz. En el caso de la estación maestra este módem CSC está contenido dentro de un gabinete propio, no así en el caso de cada nodo de la red DAMA (HUB o VSAT es igual) ya que se encuentra en el mismo gabinete del módem de voz (véase el capítulo 4).

Sección de Video

- Un Módem de canal transparente de velocidad variable (CL-CH VR SAHM)
- Un Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC, que incluye los siguientes elementos:
 - Codificador/Decodificador de Video de transmisión recepción TC5000EX

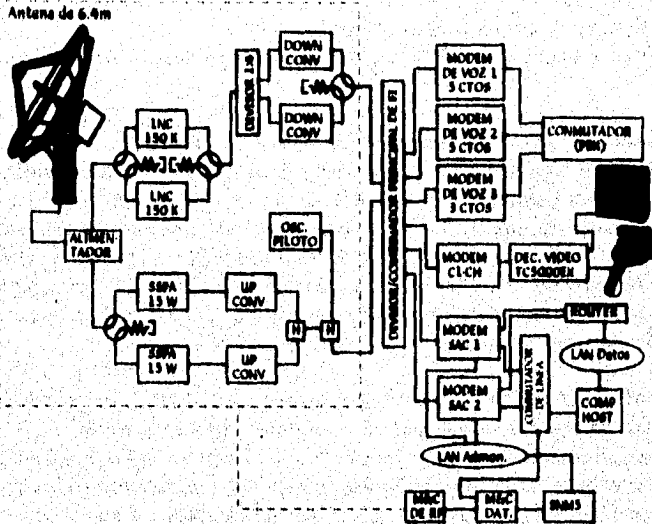


Figura 9.2 Estación Maestra

- Monitor NEC
- Cámara y Micrófono NEC

El Módem de canal transparente (o *clear channel*) de velocidad variable, proporciona un canal de alta velocidad (512 Kbps) para soportar aplicaciones de video, el cual a su vez requiere de un codificador/decodificador de video, mismo que puede ser unidireccional o bidireccional, para entregar y recibir señales de video a un receptor de T.V. y de una cámara respectivamente (véase el capítulo 4).

La configuración de la Estación Maestra misma que se ubicaría en la Ciudad de México, D.F. se muestra en la Fig. 9.2.

Con respecto a las estaciones VSAT, y de acuerdo a las necesidades especificadas por el usuario, se han definido dos tipos de estaciones:

Las Estaciones Remotas VSAT tipo "A" (40), están configuradas con el siguiente equipo:

- Antenas de 2.4 m de diámetro tipo offset
- Unidad de Externa Radiofrecuencia (ODU) de 2 W/140 K NEXTAR IV

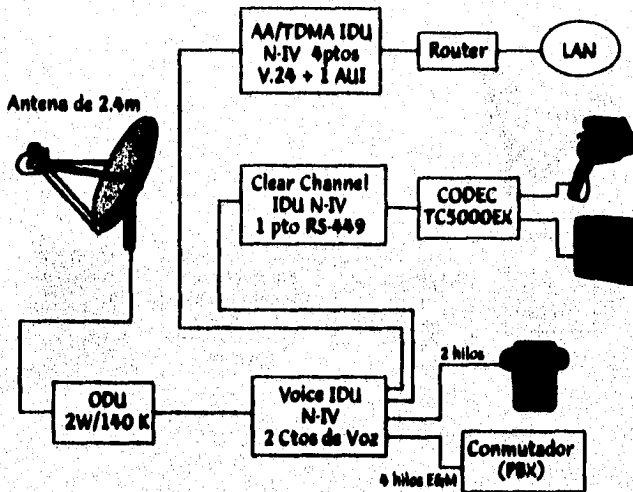


Figura 9.3 Configuración de las estaciones VSAT tipo A

- Unidad Interna de Banda Base (TDMA IDU) Advanced AA/TDMA NEXTAR IV con 4 puertos tipo V.24.
- Unidad Interna de Voz (VOICE IDU) NEXTAR IV con 2 canales de Voz
- Unidad Interna de Canal Transparente de Velocidad Variable (CLVR IDU)
- Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC
 - CODEC de Video TC3000EX
 - Monitor, cámara y micrófono
- Cable de IFL de 80 m.

La configuración propuesta para estas estaciones VSAT tipo A se muestra en la Fig. 9.3.

Las 50 Estaciones Remotas VSAT, que llamaremos tipo "B", restantes están configuradas como sigue:

- Antenas de 1.8 m de diámetro tipo offset
- Unidad Externa de Radiofrecuencia (ODU) de 1 W/140 K NEXTAR IV
- Unidad Interna de Banda Base (IDU) Advanced AA/TDMA NEXTAR IV con 2 puertos tipo V.24 para proporcionar una interfase asíncrona a través del protocolo de comunicaciones X.3 PAD.
- Cable IFL de 80 m.

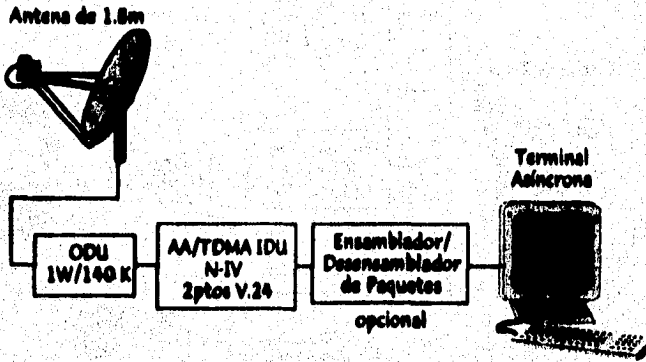


Figura 9.4 Configuración de las estaciones VSAT tipo B

La configuración de estas estaciones se puede apreciar en la Fig. 9.4.

El ODU de 2 W/140 K es la unidad externa de transmisión y recepción a nivel de Radiofrecuencia, el cual incluye un HPC (*High Power Converter*) de 2 W, un LNC de 140 K y un Down Converter. En el caso de la estación remota tipo A (servicios de transmisión de Datos, Voz y Video), el ODU se conecta a través del cable de IFL (*Inter Facility Link*), al IDU de Voz, dicho cable es de tipo coaxial y porta las señales de transmisión, recepción, control, estado de operación y alimentación eléctrica. El AA/TDMA IDU y el CLVR IDU, se conectan a una unidad combinadora/divisora montada en el IDU de Voz, conocida como *Hyper Combiner/Divider Unit*. Las tres IDUs transmiten sus portadoras mediante el mismo ODU proporcionando la comunicación de datos entre la Estación Maestra y las estaciones remotas VSATs.

El ODU de 1 W/140 K es la unidad externa de transmisión y recepción a nivel de Radiofrecuencia, el cual incluye al igual que el de 2 W, un HPC (*High Power Converter*) de 1 W, un LNC de 140 K y un Down Converter. En el caso que la estación remota cuente con los servicios de transmisión de Datos únicamente (estaciones tipo B), el ODU se conecta a través del cable de IFL al AA/TDMA IDU para proporcionar la comunicación de datos entre la Estación Maestra y las estaciones remotas VSATs.

Las estaciones VSAT posibilitarán la comunicación de datos desde la Estación Maestra, a través del IDU, el cual soportará el protocolo X.25 o X.3 PAD de acuerdo al servicio solicitado. El driver para los protocolos mencionados se carga desde el SNMS vía el SAC/Módem a través del enlace satelital. El interfase físico para el protocolo X.25 es del tipo V.24 para cada IDU.

Con este sistema de comunicaciones satelitales, para el caso de la transmisión de datos, cada uno de los controladores de comunicación, terminales de datos o redes de área local pueden ser conectados directamente al IDU, al cual de aquí en adelante llamaremos BBP (*Base Band Processor*) mismo ejecuta tareas tales como la conversión del protocolo terrestre al satelital (*Advanced AA/TDMA*) y viceversa, demultiplexaje del canal TDM (de la portadora de *outbound*), estado de operación y monitoreo, respuesta a comandos desde la Estación Maestra y solicitud de procesamiento por demanda de asignación, así como el enrutamiento de paquetes a través de la red satelital. Cada BBP está constituido por dos componentes básicos, un interfase satelital (módem) y un módulo de Banda Base (véase el capítulo 4).

La red AA/TDMA es capaz de operar BBPs con diferentes protocolos de comunicación de manera simultánea en la misma red.

Para el caso de la transmisión de voz, se utilizará la técnica ADPCM a una tasa de 32 Kbps, misma que permitirá la transmisión de voz, fax y aún datos a través del mismo canal. Cada canal puede configurarse, vía un panel de operación a 2 hilos o 4 hilos E&M, posibilitando la conexión de los canales de voz vía satélite a un conmutador (PBX) o a un teléfono directo (*Hot Line*) (véase el capítulo 4).

Finalmente el sistema de videoconferencia se conectará a un monitor de video, cámaras, micrófonos, amplificadores de audio y canceladores de eco, tanto en la estación maestra como en 40 estaciones remotas (tipo A) VSAT, en configuración bidireccional (véase el capítulo 4).

En este momento es importante aclarar que tratándose de un usuario hipotético, se ha considerado el diseño del sistema tomando como base la operación de ODU's de 1 y 2 W/140 K porque se desconoce la ubicación de los sitios de instalación, sin embargo, si estos se encuentran en las regiones que cubren las Ciudades que aparecen en la Tabla 9.1 sería necesaria la utilización de ODU's 2 W/140 K, para las estaciones tipo B, y para las estaciones tipo A, antenas de 3.8 m provocando, con esto, un aumento en el costo del equipo para el proyecto.

Aguilón, Gro.
Coahuila, G. Ros
Chetumal, G. Ros
Coahuila, Ver.
Guadalupe, Jal.
Minatitlán, Tama.
Mérida, Yuc.
Puerto Vallarta, Jal.
Tepic, Cho.
Tuxtla Gut., Cho.
Veracruz, Ver.
Villahermosa, Tab.

Tabla 9.1 Ciudades no consideradas para la instalación de VSATs debido a las características de diseño del ejemplo.

9.3 Análisis de Tráfico Para Consideraciones de Diseño

9.3.1 Análisis Para Datos

El tráfico para la transacción de datos entre la computadora central y/o el procesador de comunicaciones central o LAN central y los equipos terminales de datos y/o manejadores remotos o LANs remotas, se cursará a través del protocolo X.25 mediante la red satelital.

La red de datos comprende un total de 40 estaciones remotas VSAT, para las dos primeras fases (20 estaciones por fase), funcionando en configuración estrella con la Estación Maestra.

El presente análisis de tráfico está basado en las consideraciones de tráfico siguientes:

Para las estaciones VSAT que trabajarán con redes de área local en el sitio remoto tenemos los siguientes datos del usuario hipotético:

- 12 Estaciones remotas durante la primera fase
- Cada estación remota contará con un servidor y 15 clientes
- Cada servidor envía trenes de información en el rango de 600 Kbytes a 1.0 Mbyte a través de correo electrónico durante una semana.
- Cada cliente envía como máximo 5 Kbytes de información durante una hora

De acuerdo a los datos anteriores:

$$(15 \text{ Clientes} \times 5 \text{ Kbytes} \times 8 \text{ bits}) / 3600 \text{ s} = 166.67 \text{ bps por VSAT}$$

$$166.67 \text{ bps por VSAT} \times 12 \text{ VSATs} = 2,000 \text{ bps de inf. de usuario}$$

$$2,000 \text{ bps} + 5\% \text{ de overhead} = 2,100 \text{ bps inf. total}$$

Consideremos el caso crítico para correo electrónico, es decir, un archivo de 1.0 Mbyte por VSAT, una sola estación enviándolo en un momento dado:

$$1.0 \text{ Mbyte} \times 8 \text{ bits} = 8.0 \text{ MBits por día por una VSAT}$$

$$8.0 \text{ MBits} + 5\% \text{ overhead} = 8.4 \text{ MBits inf. total}$$

Para las estaciones VSAT que trabajarán con protocolo X.25 haremos las siguientes consideraciones:

- Ocho estaciones remotas VSAT en la primera fase
- Cada VSAT contará con dos terminales de trabajo
- Cada terminal de trabajo envía un mensaje de usuario por minuto
- Cada mensaje tiene una longitud de 128 Bytes.

De acuerdo con lo anterior:

$$(2 \text{ terminales} \times 1 \text{ mensaje} \times 128 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 60 \text{ s} = 34.13 \text{ bps por VSAT}$$

$$34.13 \text{ bps} \times 8 \text{ VSATs} = 273 \text{ bps inf. de usuario}$$

$$273 \text{ bps} + 5\% \text{ overhead} = 287 \text{ bps inf. total}$$

Se consideran portadoras de *Inbound* de 64 Kbps cuya velocidad de transferencia de información (*throughputes* del 10 %):

$$64,000 \text{ bps} \times 10\% = 6,400 \text{ bps} \\ \text{velocidad de transferencia} \\ \text{de Inf. de inbound}$$

Para las portadoras de *outbound* se consideran velocidades de 64 Kbps con una velocidad de transferencia de información (*throughput*) igual a 60 %:

$$64,000 \times 60 \% = 38,400 \text{ bps}$$

velocidad de transferencia de inf. de *outbound*

Invariablemente, los usuarios del sistema necesitan enviar transacciones de usuario (no correo electrónico) cada segundo:

$$2,100 \text{ bps de inf. total de LAN} + 287 \text{ bps de inf. total de X.25} = 2,387 \text{ bps de inf. total del sistema}$$

Para las portadoras de *inbound*:

$$2,387 \text{ bps} / 6,400 \text{ bps} = 0.37$$

que es menor al ancho de banda total de la portadora de *inbound*, y por lo tanto se demuestra que una sola portadora de *inbound* soporta todo el tráfico del sistema.

Para las portadoras de *outbound*:

$$2,387 \text{ bps} / 38,400 \text{ bps} = 0.062$$

nuevamente se aprecia que una sola portadora de *outbound* soporta todo el tráfico generado por la red del usuario.

Como hemos visto, son necesarios 2,387 bps del total de 6,400 bps que ofrecen las portadoras *inbound* como velocidad de transferencia de información, de donde tenemos lo siguiente:

$$6,400 - 2,387 = 4,013 \text{ bps}$$

De aquí concluimos que 4,013 es la velocidad de transferencia de información (*throughput*) que resta para realizar la transferencia de correo electrónico, por lo cual tenemos lo siguiente:

8.4 Mbits de información total de correo electrónico por una VSAT y considerando que las estaciones restantes no transmiten correo electrónico de manera simultánea, tenemos lo siguiente:

$$8.4 \text{ Mbits} / 4,013 \text{ bps} = 2,093.19 \text{ segundos}$$

$$2,093.19 \text{ s} / 60 \text{ s} = 34.88 \text{ minutos}$$

es decir, 34.88 minutos es el tiempo estimado para que cada estación remota VSAT transmita, en su totalidad y en cada ocasión, la información concerniente a correo electrónico sin modificar o alterar el tiempo de respuesta de las demás transacciones en línea.

Con la finalidad de obtener un mejor manejo en los tiempos de acceso a la red satelital, agilizar la respuesta en las transacciones y optimar la disponibilidad de los canales de comunicación, se propone la utilización de una portadora de *outbound* a 64 Kbps, quedando la configuración de los SAC/Módem con un modulador y un demodulador (IM + ID) para un sistema confiable configurado en modo redundante formado por un SAC/Módem operando en línea y uno operando como respaldo en *Stand By* (1+1).

Tomando como base los datos anteriores, las características principales de la red, para la primera fase son:

• Portadoras de <i>inbound</i> por portadoras de <i>outbound</i>	:	1 a 1
• Número de VSATs por portadora de <i>inbound</i>	:	20 VSATs
• Tráfico total por portadora de <i>Inbound</i>	:	2,387 bps
• Tamaño del mensaje entrante en X.25	:	128 bytes
• Tamaño del mensaje saliente en X.25	:	128 bytes
• Velocidad del puerto de comunicaciones de la Estación Maestra para X.25	:	64 Kbps
• Velocidad del puerto de comunicaciones de la Estación Maestra para TCP/IP	:	10 Mbps
• Velocidad del puerto de comunicaciones en las estaciones remotas para X.25	:	19.2 Kbps
• Velocidad del puerto de comunicaciones en las estaciones remotas TCP/IP	:	10 Mbps

La segunda fase del proyecto comprende la instalación de otras 20 estaciones remotas VSAT trabajando en las mismas condiciones que las ocho VSATs con protocolo X.25 de la primera fase y manteniendo las primeras 20 estaciones remotas bajo las condiciones iniciales:

$$(2 \text{ terminales} \times 1 \text{ mensaje} \times 128 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 60 \text{ s} = 34.13 \text{ bps por VSAT}$$

$$34.13 \text{ bps} \times 20 \text{ VSATs} = 682.6 \text{ bps inf. usuario}$$

$$682.6 \text{ bps} + 5\% \text{ overhead} = 717 \text{ bps inf. total}$$

Ahora, es necesario agregar los 717 bps, generados por las 20 estaciones remotas de esta fase, al tráfico calculado para la primera fase sin tomar en cuenta, aún, el correo electrónico de las 12 estaciones que manejan el protocolo TCP/IP:

$$2,387 \text{ bps de la Fase I} + 717 \text{ bps de la Fase II} = 3,104 \text{ bps totales}$$

Para las portadoras de *inbound*:

$$3,104 \text{ bps} / 6,400 \text{ bps} = 0.485$$

por tanto, se demuestra que una portadora de *inbound* soporta todo el tráfico del sistema.

Para las portadoras de *outbound*:

$$3,104 \text{ bps} / 38,400 \text{ bps} = 0.08$$

por lo tanto, con una sola portadora de *outbound* se puede manejar la totalidad del tráfico generado por las transacciones del usuario.

Al igual que para la primera fase, tenemos que considerar en este momento la transferencia del correo electrónico de acuerdo a la velocidad de transferencia de la información (*throughput*) restante después de agregar el tráfico generado por las nuevas 20 VSATs:

6,400 bps de velocidad transferencia de información de *inbound* - 3,104 bps tráfico total hasta la segunda fase

$$= 3296 \text{ bps como velocidad de transferencia de información restante}$$

de acuerdo con lo anterior y considerando que el correo electrónico es transmitido por una sola VSAT a la vez:

$$8.4 \text{ Mbits} / 3296 \text{ bps} = 2,548.5 \text{ segundos}$$

$$2,548.5 \text{ segundos} / 60 \text{ segundos} = 42.47 \text{ minutos}$$

Se puede determinar que una sola portadora de *inbound* es suficiente para el envío de la información, sin embargo el retraso es ya muy alto por lo cual se recomienda la inclusión de una portadora más de *inbound*.

$$3,104 \text{ bps de tráfico total de la segunda fase} / 2 \text{ portadoras de } Inbound \\ = 1,552 \text{ bps por portadora de } Inbound$$

6,400 bps de velocidad. transferencia de información - 1,552 bps de tráfico por *inbound*

$$= 4,848 \text{ bps de velocidad transferencia. de información restante por portadora de } inbound$$

considerando que una sola VSAT transmite correo electrónico por cada portadora de *Inbound* en un momento dado:

$$8.4 \text{ Mbits} / 4,848 \text{ bps} = 1,732.67 \text{ segundos} \\ 1,732.67 \text{ segundos} / 60 \text{ segundos} = 28.87 \text{ minutos}$$

es decir, cada VSAT tardaría casi media hora transmitiendo correo electrónico con tamaño de 1 Mbyte pero al tener dos portadoras de *Inbound*, prácticamente podrían transmitir dos VSATs de manera simultánea.

De acuerdo a la revisión de los datos anteriores, las características principales de la red, para la segunda fase son:

- Portadoras de *inbound* por portadoras de *outbound* : 2 a 1
- Número de VSATs por portadora de *inbound* : 20 VSATs
- Tráfico total por portadora de *Inbound* : 1,552 bps
- Tamaño del mensaje entrante en X.25 : 128 bytes
- Tamaño del mensaje saliente en X.25 : 128 bytes
- Velocidad del puerto de comunicaciones de la Estación Maestra para X.25 : 64 Kbps
- Velocidad del puerto de comunicaciones de la Estación Maestra para TCP/IP : 10 Mbps

· Velocidad del puerto de comunicaciones en las estaciones remotas para X.25 : 19.2 Kbps

· Velocidad del puerto de comunicaciones en las estaciones remotas TCP/IP : 10 Mbps

Durante la tercera fase, se pretende la inclusión de 50 estaciones remotas VSAT manejando un tráfico similar a las 20 de la segunda fase con la diferencia que se proporcionará una interfase asíncrona en cada sitio remoto.

$$(1 \text{ terminal} \times 2 \text{ mensajes} \times 128 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 60 \text{ s} = 34.13 \text{ bps por VSAT}$$

$$34.13 \text{ bps} \times 50 \text{ VSATs} = 1,707 \text{ bps Inf. total}$$

considerando que se cuenta con dos portadoras de *inbound*, tal como se recomendó para la segunda fase, tenemos lo siguiente:

$$3,104 \text{ bps tráfico total de las fases 1 y 2} + 1,707 \text{ bps tráfico total de la fase 3}$$

$$= 4,811 \text{ bps tráfico total hasta la fase 3 sin considerar correo electrónico}$$

$$4,811 \text{ bps tráfico total hasta la fase 3} / 2 \text{ portadoras de } \textit{inbound}$$

$$= 2,405.25 \text{ bps por portadora de } \textit{inbound}$$

$$6,400 \text{ bps de velocidad transferencia de información de } \textit{inbound} - 2,405.25 \text{ bps de tráfico por } \textit{inbound}$$

$$= 3,994.75 \text{ bps de velocidad de transferencia de información restante por portadora de } \textit{inbound}$$

considerando que una sola VSAT transmite correo electrónico por cada portadora de *inbound*:

$$8.4 \text{ Mbits} / 3,994.75 \text{ bps} = 2,102.76 \text{ segundos}$$

$$2,102.76 \text{ segundos} / 60 \text{ segundos} = 35 \text{ minutos}$$

es decir, cada VSAT tomará 35 minutos transmitiendo correo electrónico con tamaño de 1 Mbyte pero al tener dos portadoras de *Inbound*, de la misma manera que en fase dos, existirá la facilidad que dos VSATs transmitan simultáneamente.

9.3.2 Análisis Para Voz

El número de portadoras requeridas por el sistema DAMA/VOZ (ADPCM), se define con base en el volumen de tráfico total de la red (medido en Erlangs), y la probabilidad de bloqueo o grado de servicio (representado por B). Estas magnitudes están definidas de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$A = C \times T/60$$

donde:

- C = número de posibles llamadas
- T = duración promedio de una llamada
- A = volumen total de tráfico

$$B = \frac{A^n / n!}{1 + A + (A^2 / 2!) + \dots + (A^n / n!)}$$

donde:

- B = probabilidad de bloqueo o grado de servicio (Erlangs)
- n = número de canales (Erlangs)

Para el caso de la red propuesta, se ha considerado una probabilidad de bloqueo igual al 5%, por tanto se asume una disponibilidad del canal (o servicio) de 95%. Además se considera que cada llamada tendrá una duración aproximada de 6 minutos continuos en una hora. De acuerdo a lo anterior el único factor que necesitamos conocer con el propósito de determinar el número de canales, es el volumen total de tráfico. Entonces suponiendo un tráfico igual a 80 llamadas por hora:

$$\begin{aligned} A &= C \times T/60 \\ &= 80 \times 6/60 \\ A &= 8 \text{ Erlangs} \end{aligned}$$

Considerando que la probabilidad del bloqueo es igual al 5% entonces

$$B = 0.05 \text{ Erlangs}$$

Utilizando estos valores, podemos despejar n de la ecuación de B , sin embargo esto es bastante laborioso, por lo que podemos consultar una tabla de valores calculados, como la tabla 9.2 tomada de [25].

De esta tabla observamos que el número de canales n es como sigue:

$$n = 13$$

Para que cada canal sea bidireccional, de acuerdo al esquema SCPC utilizado (recordemos que el método es SCPC-DAMA), necesitamos un par de portadoras, por lo tanto el número de portadoras será igual a dos veces el número de canales,

$$\text{No. de portadoras} = 26$$

Este análisis de tráfico considera la operación de la red DAMA de voz de acuerdo a una topología en malla (véase el capítulo 4), o sea de acuerdo a lo expresado en las ecuaciones, se asegura que un nodo (HUB o VSAT) estará en posibilidad real de realizar una llamada a otro abonado de dicha red, con solo un 5% de probabilidad que escuche tono de ocupado por congestión del canal (por canal debemos entender el conjunto de las 26 portadoras).

De acuerdo al análisis realizado, las características de la red de voz serán las siguientes:

· Probabilidad de Bloqueo del Canal	:	5%
· No. de VSATs de acuerdo a la configuración (dos circuitos de voz/VSAT)	:	40
· No. total de circuitos de voz en la red	:	80
· Volumen total de tráfico (Erlangs)	:	8

	0.04	0.05	0.1	0.2	0.30	0.3
1	0.04	0.05	0.11	0.20	0.30	0.43
2	0.33	0.30	0.8	1	1.22	1.46
3	0.81	0.8	1.27	1.80	2.27	2.63
4	1.4	1.50	2.00	2.80	3.4	3.80
5	2.00	2.20	2.80	4.01	4.80	5.10
6	2.70	2.80	3.70	5.1	6.70	6.91
7	3.51	3.70	4.67	6.20	7.80	7.80
8	4.30	4.50	5.6	7.37	8.30	8.21
9	5.00	5.27	6.50	8.50	9.80	10.00
10	5.8	6.20	7.51	9.60	10.70	11.00
11	6.70	7.00	8.40	10.80	12.00	12.30
12	7.57	7.80	9.47	12.00	13.30	14.70
13	8.43	8.80	10.47	13.20	14.80	16.11
14	9.3	9.70	11.47	14.41	16.01	17.5
15	10.17	10.60	12.40	15.61	17.2	18.9
16	11.00	11.50	13.5	16.81	18.40	20.3
17	11.80	12.40	14.60	18.01	19.70	21.7
18	12.60	13.30	15.60	19.20	21.00	23.1
19	13.70	14.31	16.80	20.42	22.30	24.51
20	14.67	15.30	17.81	21.64	23.7	25.80
21	15.80	16.10	18.80	22.80	25	27.30
22	16.5	17.10	19.80	24.00	26.31	28.70
23	17.40	18.00	20.70	25.20	27.80	30.10
24	18.30	19.00	21.70	26.5	29.00	31.50
25	19.20	19.80	22.60	27.72	30.30	32.87
26	20.20	20.80	23.60	29.04	31.60	34.30
27	21.10	21.8	24.60	30.10	32.87	35.8
28	22.1	22.87	25	31.30	34.10	37.21
29	23.04	23.80	27.00	32.61	35.5	38.60
30	24.00	24.8	28.11	33.84	36.80	40.00
31	24.84	25.77	29.17	35.07	38.10	41.40
32	25.80	26.70	30.24	36.3	39.40	42.80

Tabla 9.2 Tabla de Carga de Tráfico en Erlangs

- Volumen de tráfico por circuito de voz (Erlang) : 0.1
- No. de canales bidireccionales requeridos : 13
- No. de portadoras requeridas : 26

Por lo tanto requerimos de tres VOICE MODEMS, ya que cada uno (gabinete), puede contener hasta cinco circuitos de voz, por lo tanto los distribuiremos de la siguiente

manera, dos VOICE MODEMs con cinco circuitos, y un tercero con tres circuitos, para tener un total de 13 tarjetas de voz (o sea 13 circuitos de voz), en la estación maestra que soporten el tráfico de las 80 VSATs.

9.3.3 Consideraciones Para Video

Para la aplicación de videoconferencia, no se requiere realizar ningún análisis de tráfico, ya que la especificación del usuario establece que la videoconferencia se realizará bajo un esquema de difusión (*broadcast*), cuando la transmisión tiene el sentido de HUB a VSAT, y de VSAT a HUB, se realiza solamente una VSAT cada vez. Por lo tanto de acuerdo a lo anterior podemos establecer las siguientes características para el sistema de videoconferencia:

- No de VSATs de acuerdo al usuario : 40
- No. de portadoras requeridas (512 Kbps) : 2

9.4 Condiciones de Interfase

En el análisis de las condiciones de interfase se recomienda que el usuario considere la referencia hecha con base en los sistemas de acceso AA/TDMA avanzado (*Advanced Adaptive Assignment / Time Division Multiple Access*) y SCPC-DAMA (*Single Channel Per Carrier- Demand Assignment Multiple Access*) y SCPC para videoconferencia, a propósito de los siguientes puntos:

- El sistema está diseñado para soportar configuraciones de red en estrella asociadas con el MAINFRAME del *host*.
- Cada Estación Remota VSAT establece la comunicación via satélite a través de los transponders de banda KU del SSS (Sistema Solidaridad de Satélites).
- La comunicación por parte de las estaciones remotas VSAT hacia el HUB se realiza mediante la técnica de acceso AA/TDMA Avanzado (*Advanced Adaptive Assignment / Time Division Multiple Access*) en el caso del sistema de datos.
- El método de acceso múltiple AA/TDMA avanzado permite que varias estaciones VSAT compartan eficientemente un canal satelital de *inbound* minimizando el retardo en la transmisión.
- La estación maestra (HUB) establece comunicación con cada una de las

estaciones VSAT mediante la técnica de multicanalización del medio conocida como TDM (*Time Division Multiple Access*), en difusión (*broadcast*) en el caso de datos.

- El sistema SCPC-DAMA es transparente para propósitos de números de marcación (*dial number*) entre equipos terrestres conectados a la red.
- El sistema de videoconferencia SCPC, aprovecha la configuración TVRO en los equipos remotos (VSAT) lo cual disminuye el costo por estación.

a) Interfase de Radio Frecuencia (RF) con el Satélite

- Satélite de Acceso : Solidaridad I
- Frecuencia de Transmisión : 14.0 - 14.5 GHz
- Frecuencia de Recepción : 11.7 - 12.2 GHz
- PIRE de Estación : De acuerdo con los cálculos de enlace de TELECOMM.
- Potencia del SSPA : 15 W
- Polarización : Polarización ortogonal lineal única
- Diámetro de la Antena Maestra : 6.4 m
- Diámetro de las Antenas Remotas : 2.4 y 1.8 m

b) Interfase de Banda Base

- Interfase para Datos en la estación maestra : Al conector V.35 del HUB Módem SAC
- Interfase para Datos en la estación remota VSAT : A los conectores RS-232C ó AUI del AA/TDMA IDU
- Velocidad de Información de Datos : 64 Kbps, X.25, HUB
19.2 Kbps, X.25, VSATs
9.6 Kbps, Asíncrono, VSATs
- Interfase para Voz : 2 hilos (conector RJ11)

en la estación maestra	:	ó 4 hilos E&M (conector RJ45) (programable)
· Interfase para Voz en la estación remota VSAT	:	mismas condiciones que en la estación maestra
· Velocidad de Información de la voz digitalizada	:	32 Kbps
· Interfase para Video en la estación maestra	:	E1, T1, RS449/422, V.35
· Interfase para Video en la estación remota VSAT	:	E1, T1, RS449/422, V.35
· Velocidad de Información de Video:	:	512 Kbps

c) Interfase para energía eléctrica (Estación Maestra)

· Voltaje	:	220 VAC +/- 10% 127 VAC +/- 10%
· Fase	:	Trifásica en el <i>Shelter</i> Monofásica en el <i>Shelter</i> y Cuarto de Cómputo y Banda Base
· Número de hilos	:	Dos hilos más el de tierra física
· Frecuencia	:	60 Hz +/- 5%
· Consumo de Potencia	:	6.12 KW aproximadamente
· Disipación Calorífica	:	20,885 BTU/hr
· Tipo de energía	:	Energía del No-Break proporcionada por el AC-UPS

d) Interfase de energía eléctrica (estación remota VSAT)

• Voltaje	:	127 VAC +/- 10%
• Fase	:	Monofásica
• Toma Corriente	:	Al contacto polarizado del No Break, más la línea de tierra (física) (menor a 1V, Neutro-Tierra).
• Frecuencia	:	60 Hz +/- 5%
• Consumo de Potencia	:	0.6 KW
• Disipación Calorífica	:	1855 BTU/hr

e) Punto de Interfase Física

• Interfase de datos en la estación maestra	:	2 puertos V.35
• Interfase de datos en la estación remota VSAT	:	2 y 4 puertos V.24 Rec. ITU-T X.28
• Interfase de voz en la estación maestra	:	Conector RJ45 para 4 hilos E&M, conector RJ11 para 2 hilos
• Interfase de voz en la estación remota VSAT	:	Conector RJ45 para 4 hilos E&M, conector RJ11 para 2 hilos
• Interfase de video en la estación maestra	:	Conector DB para interfase RS449
• Interfase de video en la estación remota VSAT	:	Conector DB para interfase RS449
• Energía para la estación maestra	:	Al PDB proporcionado por el usuario
• Energía en la Estación remota	:	Al contacto polarizado del No Break, más la línea de tierra física, (menor a 1V, neutro-tierra)

9.5 Costo Aproximado de la Implementación

A continuación aparece la lista de los precios de cada equipo o subsistema así como el costo total (sumando los precios parciales) de la implementación incluyendo los servicios de instalación. Estos precios son aproximados ya que el monto exacto de equipos y servicios no están disponibles para efectos informativos por cuestión de estrategia de mercado de los proveedores.

Esta lista se generó con los costos típicos estimados por el proveedor tanto de los equipos como del servicio de instalación de la red completa. Se toma como referencia el costo por fase, subsistema (estaciones maestras y remotas -VSATs-) así como las refacciones necesarias para mantener el sistema en condiciones óptimas de operación, utilizando los tiempos medios entre fallas garantizados por el mismo proveedor.

Los precios están listados en dólares de los Estados Unidos de América y no incluyen el impuesto sobre el valor agregado reglamentario en México. Así mismo esta lista especifica el costo parcial por cada una de las fases del proyecto (fase I a la fase III).

9.5.1 Fase I

Equipo Para la Estación Maestra

a) Antena	(1 juego)	\$ 380,000
a) Equipo de Radio	(1 juego)	\$ 400,000
b) Equipo de Banda Base	(1 juego)	\$1,500,000
c) Equipo de administración (SNMS)	(1 juego)	\$ 120,000

Equipo Para las Estaciones Remotas

a) Equipo electrónico para VSATs	(20 juegos)	\$ 600,000
b) Antenas para VSATs	(20 juegos)	\$ 45,000

Servicios

a) Instalación y Prueba de:		\$ 300,000
· Estación Maestra (solamente equipo electrónico)	(1 juego)	
· Estaciones VSAT	(1 juego)	
· Garantía durante un año	(1 juego)	

Total de Equipo y Servicios para la FASE I \$3,345,000

Equipo Opcional (Refacciones)

a) Equipo electrónico para Estación Maestra (1 juego)	\$ 190,000
b) Equipo Electrónico para Estaciones VSAT (1 juego)	\$ 100,000

9.5.2 Fase II

Equipo Para las Estaciones Remotas

a) Equipo Electrónico para VSATs	(20 juegos)	\$ 600,000
b) Antenas para VSATs	(20 juegos)	\$ 45,000

Servicios

a) Instalación y Prueba de:		\$ 200,000
· Estaciones VSAT	(20 juegos)	
· Servicio de Mantenimiento	(1 juego)	

Total de Equipo y Servicios para la FASE II \$ 845,000

Equipo Opcional (Refacciones)

a) Equipo electrónico para Estaciones VSAT	(1 juego)	\$ 80,000
--	-----------	-----------

Equipo Para Estaciones Remotas

a) Equipo Electrónico para VSATs	(50 juegos)	\$625,000
b) Antenas para VSATs	(50 juegos)	\$112,500

Servicios

a) Instalación y Prueba de:		\$255,000
• Estaciones VSAT	(50 juegos)	
• Servicio de Mantenimiento	(1 juego)	

Total de Equipo y Servicios para la FASE III	\$992,500
---	------------------

Equipo Opcional (Reservaciones)

a) Equipo electrónico para Estaciones VSAT(1 juego)	\$ 45,000
---	-----------

En el apéndice B se encuentra la relación de equipos utilizados por fase, así como las características y especificaciones técnicas de los mismos.

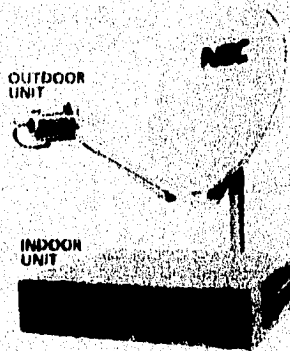


Fig. 9.5 Aspecto físico del equipo de las VSATs (ODU, TDMA-IDU y antena)

Conclusiones

La evolución vertiginosa que está teniendo lugar en el campo de la electrónica (hardware) así como de la programación (software) en nuestros días, ha permitido desde hace prácticamente una década, consolidar la terminología VSAT en una tecnología completamente probada. Si bien en los países desarrollados esta posibilidad de telecomunicación ha significado como revolución tecnológica en sí misma, un medio de respaldo para las columnas vertebrales de comunicación, en los países en vías de desarrollo, como México, otros en Sudamérica como Argentina, Brasil y Colombia, así como en el resto del Mundo, por ejemplo la India, Indonesia, Nepal o China ha significado un método altamente aceptado para la implementación de centros nerviosos de la infraestructura de comunicaciones para las redes públicas y privadas. Sin embargo, en cualquiera de los dos casos, esta tecnología VSAT se distingue por su carácter multimedia, al mismo tiempo que representa una opción de bajo costo y acelerado desarrollo. Las características mencionadas le han conferido a esta tecnología un nivel de competencia bastante aceptable con respecto a su contraparte terrestre o sea la fibra óptica.

Esta tecnología indiscutiblemente flexible, está actualmente disponible de manera tal que puede adaptarse a cualquier escenario de comunicaciones ya existente, y al mismo tiempo ofrece una amplia gama de opciones para construir redes de comunicaciones que satisfagan las necesidades de los usuarios corporativos. Esta tecnología se caracteriza por soportar varios tipos de VSAT que pueden adecuarse a manera de "confección" de acuerdo a la demanda del servicio.

El término SWAN, no es ampliamente utilizado en la jerga de las comunicaciones, sin embargo da una idea bien clara de las posibilidades que puede ofrecer una red VSAT, al adaptarse a las topologías conocidas de manera directa, o a través del concepto de *internetworking* o conexión múltiple de redes de área local (LANs).

Las aplicaciones a nivel mundial son muy variadas, e incluyen desde redes de datos, hasta redes de voz, así como de tipo difusión, en ambientes de solo recepción de señales de video, inclusive aplicándose de manera exitosa a las actividades de monitoreo y control remoto de sistemas SCADA. Como ya mencionamos dependiendo del nivel de desarrollo del país o región que adopte esta tecnología, será el tipo de aplicaciones que más se presenten, por ejemplo en México es difícil encontrar una red VSAT para aplicaciones SCADA, y en algunas ciudades de E.U.A. es difícil encontrar redes VSAT que funcionen como medio primario para comunicaciones de voz. Esto da como resultado la improvisación de un término que podríamos llamar la subcultura de las telecomunicaciones, y que será un distintivo de cada país, de acuerdo como ya mencionamos, al desarrollo económico, tecnológico y cultural del mismo.

El nivel de la evolución de la normalización de ciertos elementos del ambiente de las comunicaciones, como por ejemplo de los protocolos de *internet* (TCP/IP), influyen directamente en el desarrollo de la tecnología de redes VSAT, aunque no de manera determinante, ya que como hemos visto esta tecnología goza de una flexibilidad impresionante, además que se ha observado a lo largo de la historia de las normalizaciones (ITU-T antes llamada CCITT, OSI, etc.) que la tendencia en el diseño y fabricación de los equipos de comunicación siguen un solo patrón o corriente para su desarrollo y depuración, lo cual representa una garantía de la subsistencia como una opción de vanguardia, de las redes VSAT actuales.

En el momento actual aunque las redes VSAT representan un hito tecnológico, no se ha podido encontrar para ciertas aplicaciones la combinación eficiencia-costo, en lo que respecta a ciertos desarrollos en materia de comunicación a altas velocidades, como la tecnología *Frame Relay* o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) las cuales están diseñadas evidentemente para anchos de banda del tipo de los enlaces de fibra óptica por ejemplo, o microondas (en una palabra servicios de *bradband*), en los cuales éste es prácticamente ilimitado. Sin embargo las aventuras tecnológicas para dotar a la tecnología VSAT de compatibilidad con estas técnicas de vanguardia, a un costo razonable, están teniendo lugar en estos momentos, de esta manera podemos ver que en el caso de los satélites mexicanos de segunda generación, algunos de estos conceptos de avanzada, bajo desarrollo ya son una realidad, evidentemente en una de sus primeras etapas, en este sistema.

Otros desarrollos más audaces, a los cuales me he referido como aventuras tecnológicas, se están verificando ya, como el caso del ACTS (satélite avanzado de la NASA), el cual presenta una serie de características completamente futuristas, pero todavía a un costo excesivamente alto, además de carecer de un nivel de confiabilidad-calidad de servicio aceptable, debido a la atenuación por lluvia que se presenta en la banda de operación de dicho proyecto que es la banda Ka.

El diseño de las redes VSAT está dictado por varios factores, entre los que se encuentra como principal bandera, el uso eficiente del canal satelital, por obvias razones económicas, y porque el ancho de banda disponible normalmente está restringido a 500 MHz, o hasta 1000 MHz en el caso de la reutilización de frecuencia (como el caso del SSS).

Así, de los varios métodos de acceso múltiple al canal satelital existentes, hemos visto que se prefiere, por razones de costo beneficio, aquéllos que están orientados a hacer un uso eficiente de los recursos satelitales, mediante la administración del tiempo en que cada terminal VSAT o estación maestra accede a dicho medio. Sin duda, los métodos que ofrecen estas posibilidades son aquéllos que implementan esquemas TDM y TDMA, como el caso de la red NEXTAR, de la firma NEC, TDMA de Hughes y Tridom de AT&T entre otros. También podríamos incluir métodos más rebuscados como una combinación de TDMA, con TDM y FDMA sumado al uso de satélites avanzados como lo vimos en el capítulo 5, sin embargo este último tipo de esquemas es todavía incosteable, ya que los países desarrollados, quienes solo lo consideran como medio de respaldo no tienen gran interés en la inversión de fondos para este tipo de programas, además por otro lado para los

países en vías de desarrollo como México cuyas redes satelitales representan un elemento casi vital en el ambiente de las telecomunicaciones, no tienen los suficientes recursos económicos para sufragar investigaciones en este terreno, aunque se avisten ya los primeros intentos como es el caso del patrocinio de AT&T para el UNAMSAT 2.

Hemos visto que otro rasgo distintivo para calificar y aún para decidir el uso de una u otra técnica de implementación de una red satelital, es la relación que existe entre el costo (instalación, puesta a punto, renta del ancho de banda y mantenimiento) y la velocidad real de transferencia de datos - *throughput* - que obviamente incide en el retardo o tiempo de respuesta. Pero hablando de éstos dos factores, tenemos necesariamente que incluir un tercer elemento que podemos definir como el tipo de aplicación del usuario, estamos entonces hablando de una función de dos variables mutuamente dependientes, pero independientes ante el punto de vista de la tercera variable, o sea, la que representaría a la función o variable dependiente si pudiéramos graficar ésta misma en un sistema de ejes coordenados. En resumen, tenemos que la técnica de acceso que utilizaremos para la implementación de una red vía satélite (la topología va implícita en el método de acceso) es una función de dos variables mutuamente dependientes que son el tipo de aplicación del usuario y el costo que éste esté dispuesto a pagar, o más estrictamente hablando sea capaz de pagar. Para esta última variable nos referimos al costo que el usuario debe considerar dos partes, el costo inicial por concepto de instalación y el gasto periódico que tendrá que erogar por concepto de mantenimiento de la red a lo largo de su vida operacional. Con respecto a este último punto, la experiencia ha mostrado que si no se cuenta con un fondo de recursos financieros suficiente para el mantenimiento de una red de comunicaciones satelital privada, ésta irá al fracaso desde el punto de vista del usuario final y en algunos casos más críticos a su desmantelamiento.

El tipo de aplicación del usuario así como el costo de la implementación nos lleva a cerrar un círculo de variables y funciones dependientes, es decir estos dos factores no solo deciden el diseño de la red, sino que en el otro extremo completan el eslabón que conecta a todos los factores involucrados de manera que si se realiza una implementación inteligente de la red, lo que al principio puede parecer incosteable a futuro se tomará en una solución económica exitosa a un problema de telecomunicaciones, por lo que debe entonces asumirse un factor de riesgo al momento de la estructuración del diseño. Por supuesto esto se apreciará más, como ya hemos comentado hablando de la subcultura del ambiente de las telecomunicaciones, cuando se presente una solución de este tipo a usuarios de no muy poderosos recursos económicos.

La decisión del tipo y aún el diseño así como la implementación de una red satelital es menos complicada de lo que parece, aún tomando en cuenta todos los factores que hemos mencionado en los párrafos anteriores; desde luego esta facilidad no es gratuita, y se debe en gran parte al desarrollo y trabajo de investigación, en cantidades generosas, de las tecnologías involucradas en el diseño de los equipos (electrónica y programación) que han realizado instituciones de educación como la universidades así como de los mismos fabricantes de equipo, además de otro factor menos evidente pero no por eso menos importante, al cual conocemos como la experiencia.

Este soporte de desarrollo tecnológico ha redundado en una flexibilidad asombrosa para los diseños de redes basados en la amplia variedad de métodos de acceso para los cuales se fabrican los equipos de comunicación, así encontramos que en una misma estación maestra pueden estar conviviendo diferentes métodos de acceso (TDMA, FDMA, CDMA, etc.) y hasta diferentes redes o subredes. Todo esto acompañado por otro beneficio inherente a la tecnología VSAT, el cual es el tiempo de instalación y puesta a punto extremadamente corto para una estación maestra y casi instantáneo para una VSAT, tomando como referencia el "calendario" de instalación de medios equivalentes como las líneas telefónicas o canales de fibra óptica.

Las características que hemos mencionado, no actúan fuera de las tendencias en el mundo de las comunicaciones, o sea, precisamente la flexibilidad en el diseño así como en la implementación posibilitan precisamente que la tecnología VSAT sea completamente compatible con las redes digitales de servicios integrados (ISDN) si no en cualquier escenario, sí en la mayoría de los casos. Una red VSAT es completamente compatible, por lo menos a nivel de interfase con el usuario con las especificaciones estipuladas por el ITU-T para las ISDNs. Desde luego existen algunas nuevas tecnologías desarrolladas para ciertos medios en los que tanto el ancho de banda así como el retardo de propagación no son características restringentes en el diseño. En este caso encontramos a la reciente tecnología ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), la cual por la naturaleza con que maneja el control de flujo así como el direccionamiento, hace de la tecnología VSAT, una opción completamente fuera de consideración para implementar una red de este tipo.

Hablando de la compatibilidad con las redes ISDN, existen actualmente dos esquemas típicos de redes VSAT que se interconectan con redes y aplicaciones de este tipo. El primero en orden así como el pionero, es aquél que se presenta en las redes privadas corporativas, es decir es aquél en el que existe una estación central (HUB), la cual distribuye y colecta el flujo de datos desde y hacia el centro de procesamiento de datos principal, a centros de procesamiento de datos remotos, mismos que dentro de la topología de la red se consideran como nodos principales de una región, llamados precisamente centros regionales, quienes a su vez redistribuyen el tráfico, a los centros de procesamiento de información finales. Bajo este primer esquema, los usuarios corporativos implementan servicios del tipo ISDN, por lo menos desde el HUB a los centros regionales, exclusivamente a través del medio satelital. El segundo esquema, es aquél que están implementando las redes satelitales públicas, denominadas *carriers* o también en Estados Unidos LATAs (*Local Area Transport Agent*). Este esquema consiste en una red VSAT, en la que la estación HUB es el centro de recolección y distribución de datos, pero a diferencia del primer esquema, en este caso no existe una computadora *host* ubicada en el mismo sitio de la estación maestra, de hecho los datos recibidos desde las VSATs, y los que se transmiten a éstas, se envían y provienen de múltiples HOSTs pertenecientes a los múltiples usuarios, a través de facilidades ISDN terrestres, mediante el uso de centrales y centros de distribución, hasta las facilidades o premisas centrales del usuario.

En resumen la compatibilidad de las redes VSAT con las redes ISDN significan la compatibilidad completa de las primeras con el ambiente *multimedia*. Para las aplicaciones

multimedia se disponen de varios convertidores de interfase en el HUB, ya que la manera de manejar las aplicaciones multimedia en una ISDN difiere de la manera en la que lo hacen las VSATs, precisamente por la diferencia en la administración del ancho de banda. Así tenemos que las ISDN manejan de manera simultánea y por el mismo canal señales de voz, datos y video, no así las redes VSAT, sin embargo esto no afecta el desempeño de ambas tecnologías si se resuelve correctamente el problema de adecuación y conversión de interfaces.

En el terreno de los costos, habremos siempre de considerar dos porciones del costo de instalación, operación y mantenimiento de una red VSAT. Estas porciones son la que corresponde al equipo en las estaciones, maestra y VSAT (incluyendo las antenas) y la otra es la correspondiente a la renta que debe pagarse por el uso de los recursos satelitales (ancho de banda asignado). A la primera parte se le conoce como costo del segmento terrestre de la red, mientras que a la segunda se le conoce como costo del segmento espacial. Una planteamiento correcto del diseño de la red deberá estar respaldado por un buen estudio del costo-beneficio de la misma a largo plazo, es decir debemos entender que una red VSAT normalmente se pretende operar por al menos durante un plazo de diez años, para que pueda recuperarse la inversión inicial por concepto de instalación y puesta en operación. En el caso de las redes privadas para usuarios corporativos, el estudio de estos costos es un punto crítico, porque si no hay una buena planeación financiera, la red se tornará en un lastre económico que difícilmente sobrevivirá. En el caso de los *carriers* este problema puede tener más de una salida, si el departamento de cobranzas implementa una estrategia de cobro del servicio efectiva, la cual considere cada aspecto económico y financiero involucrado en la red derivado del mantenimiento, operación y aún del departamento de ventas o mercadotecnia responsable de colocar los servicios de la red en manos de los clientes.

En la práctica el diseño de una red es función de múltiples variables, sin embargo uno de los factores que rigen en gran medida el diseño final de la red, es el tipo de aplicaciones del usuario, las cuales se pueden dividir en dos grandes categorías, que son, aplicaciones con tráfico de ráfaga o interactivo, y aplicaciones con tráfico de información masiva (prácticamente transferencia de archivos). En el caso del primer tipo de aplicaciones, normalmente el tráfico de datos está constituido por mensajes cortos que esperan una respuesta en tiempo real, en este caso es casi seguro que el *throughput* ofrecido por un canal satelital compartido (como en el caso de los métodos TDM y TDMA, en sus múltiples variantes) le quede holgado al tráfico del usuario. Por otro lado, en el caso de aplicaciones que requieran de transferencia de información masiva, el tráfico consiste en la transmisión de grandes volúmenes de información, sin esperar a nivel de aplicación, una respuesta del extremo receptor (nótese que no estamos refiriéndonos al reconocimiento - ACK - a nivel del protocolo de enlace), por lo que tal vez el tiempo de respuesta sensiblemente grande, no impacte a los usuarios en el sentido de considerar al desempeño de la red particularmente pobre.

Como resultado de las observaciones hechas en el párrafo anterior, podemos asegurar que en la práctica los usuarios corporativos (redes privadas) así como los abonados a las redes

públicas de los *carriers* presentan diferentes niveles de aceptación de las redes VSAT, es decir dependiendo del tipo de usuario (nuevamente recurrimos al punto de apoyo que nos proporciona el concepto de "subcultura de las telecomunicaciones" expresado previamente en párrafos anteriores), será la respuesta en cuanto a aceptación de estos sistemas. En el caso de los usuarios de redes privadas (corporativas) la aceptación y calificación del desempeño de una red VSAT, con referencia a cualquier tipo de aplicación en general, es realizado con base en un conocimiento amplio de la tecnología que poseen (por la que han pagado una buena cantidad). Dicho juicio, en la mayoría de las ocasiones es en un sentido positivo, y aún cuando exista alguna observación por bajo desempeño, será hecha con bases sólidas y a manera de críticas constructivas.

En el caso de usuarios de redes públicas, los juicios emitidos están basados por completo en la experiencia como usuarios finales, y más bien podríamos calificarlos de prejuicios, mismos que pueden ser exageradamente positivos, o negativos. En la mayoría de las ocasiones estos juicios son negativos en extremo, ocasionados por la calidad del servicio por parte del *carrier* y por una carencia importante de información acerca de los alcances y perfil de aplicación de la tecnología VSAT. El resultado final, de esta situación es la generación dentro del ambiente de las telecomunicaciones de los infaltables detractores de esta tecnología, que por otra parte actúan de alguna manera como una contraparte necesaria para seguir impulsando el desarrollo hacia niveles más altos de competitividad de las redes VSAT.

También para los usuarios de redes públicas, sería recomendable que los responsables del área de telecomunicaciones, tuvieran acceso a cierto tipo de información teórica, que pudiera permitirles la evaluación más objetiva de la tecnología a la que están accediendo por medio del *carrier*. Con este propósito se realizan estudios de simulación para el desempeño de los canales satelitales, como el caso del tipo ALOHA utilizados en las redes VSAT, revisado en el capítulo 6. El modelo de simulación proporciona la posibilidad de evaluar el "grado de estabilidad" de un canal ALOHA, de manera que este aspecto del desempeño pueda ser contabilizado para efectos de diseño y evaluación tanto económica como tecnológica. Se ha mostrado que el desempeño dinámico está bien representado por una sola cantidad, el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) promedio, el cual consiste en la caracterización del desempeño convencional en términos del retardo en estado estable para proporcionar una descripción completa de la calidad de un canal ALOHA. En el capítulo 6 se describió una metodología de diseño basada en los contornos obtenidos del retardo contra el tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) con respecto a la variación del rango de los parámetros del protocolo seleccionables con un número de ejemplos de canales no adaptivos y adaptivos ALOHA y SREJ-ALOHA que representan casos típicos de VSATs interactivas. Estas curvas de retardo contra tiempo de descenso del bloqueo (*backlog*) fueron utilizadas para seleccionar los parámetros del protocolo tales como el retardo de retransmisión o la razón del *backoff* para lograr una combinación óptima del desempeño en los estados estable y dinámico. En general estos resultados muestran que el punto de operación óptima es fácilmente identificado debido a que las curvas d contra τ

están caracterizadas por una región de "rodilla" pronunciada en la cual ambos, el retardo y el tiempo de descenso están cercanos a sus mejores valores posibles.

Desde luego que los resultados de este tipo de análisis no representan un medio de optimización del sistema de comunicación para los usuarios de redes públicas, ya que es bien sabido que éstos no tendrán en ningún caso acceso a la información y manejo de los parámetros críticos del sistema. Lo anterior se debe a razones de seguridad del arrendador así como a la suposición que estos análisis deben ser realizados por el mismo *carrier*. Sin embargo desde el punto de vista teórico-práctico, sirven a cualquier grupo de personal técnico, a entender y justificar el uso de estos recursos, para sí mismos y para los ejecutivos de las compañías usuarias.

Finalmente en el caso práctico desarrollado en el capítulo 9, hemos podido constatar las dimensiones tecnológicas así como la clase de gasto económico que significa el hecho de implementar una red satelital para la transmisión de multimedia. Después de revisar los resultados desde un punto de vista de finanzas, observaremos que evidentemente los únicos usuarios privados, en México, que pueden acceder a la tecnología VSAT son aquéllos del tipo corporativo como los grupos financieros o de negocios múltiples.

Pero concluyendo sobre aspectos más técnicos, podemos notar que durante el desarrollo de esta parte del trabajo de tesis aplicamos con un enfoque pragmático todos los conceptos estudiados durante los primeros ocho capítulos, transportando del nivel de abstracción a un nivel tangible los aspectos técnicos más sobresalientes de la tecnología VSAT. Esto nos llevó a resultados típicos hablando en términos prácticos, más que comprobados con la experiencia. La red *multimedia* diseñada en esta parte presenta una topología típica de estrella para el caso de datos mediante el protocolo TDMA, en malla para el caso de la red DAMA de voz y en difusión (o *broadcast*) para el caso de video, el cual es un patrón común en un 100% de los casos en los que la implementación se ha llevado a la práctica, así redes de este tipo las encontramos en las instalaciones de usuarios como GBM Atlántico, GFI Inverlat, ABACO Confía, Banca Promex, Red Satelital de TELMEX entre varios, mismas que ha instalado la compañía NEC de México.

En resumen, las expectativas e hipótesis planteadas al inicio de este trabajo en el capítulo 1 fueron cumplidas. Respecto al método utilizado podemos observar que se ha dictado un procedimiento bastante claro y concreto para diseñar una red para la transmisión de multimedia con base en el análisis y tratamiento de los perfiles y tipo de aplicaciones del usuario mediante datos estadísticos recopilados por los mismos usuarios. Esto significa dos puntos concluyentes:

- Siguiendo la técnica planteada en el capítulo 9, podemos "confeccionar" una red de comunicaciones satelital para la transmisión de multimedia de acuerdo a las necesidades del cliente optimando los factores costo y desempeño.

• La técnica planteada en el capítulo 9 es completamente viable ya que como mencionamos al inicio de estas conclusiones, normalmente las redes satelitales *multimedia* se adaptan a una infraestructura ya existente, por lo tanto la disponibilidad de datos estadísticos de las aplicaciones del usuario mismas que son la pauta para la técnica de diseño, es del 100 % en todos los casos.

APENDICE A

Glosario de términos

AAA-TDMA. Véase TDMA.

ACU. Unidad de Control de la Antena (*Antenna Control Unit*). Este equipo permite el control de la alimentación de los motores de posición (azimut y elevación) así como la lectura de la posición relativa de los detectores de ángulo (a través de indicadores numéricos) de una antena maestra. Estas acciones son de primordial importancia cuando se efectúa la orientación al satélite de la antena, ya sea manualmente o cuando se cuenta con un sistema de seguimiento y apuntamiento automático (*autotracking*).

ADSAT. Satélite Avanzado de Comunicaciones (*Advanced Satellite*)

ANSI. *American National Standards Institute*

Autotracking. Es el sistema de seguimiento y apuntamiento automático de una antena de apertura, que trabaja a través de una señal de radiofaro (*beacon signal*), generada desde la misma estación terrena, o desde el satélite. El sistema cuenta con un equipo receptor de la señal de *beacon* el cual al convertirla a voltaje, sensa el nivel recibido, y lo compara con una referencia ajustada previamente (correspondiente al nivel nominal). Si el nivel de la señal de *beacon* recibido es diferente al nominal (mayor o menor), entonces este sistema envía una señal de control a los manejadores de los motores de la antena, para ajustar el nivel de recepción a través del reapuntamiento de la misma hacia el satélite.

Los equipos que constituyen este sistema, son el *beacon receiver*, la ACU y el motor control, además de un D/C dedicado a la recepción de la señal de *beacon*.

AIRPANET. Red del departamento de Defensa de Norteamérica (*Advanced Research Projects Agency Network*)

Banda Ancha. Ver *Broadband*.

Banda C. Es la banda de frecuencias, cuyo rango comprende, para enlace ascendente, desde 5.925 [GHz] a 6.425 [GHz], y para enlace descendente los valores son de 3.7 [GHz] a 4.2 [GHz], en el caso de los equipos satelitales fabricados por NEC Co.

Banda L. Es la banda de frecuencia cuyas señales están en el rango de los 2 [GHz].

Banda Ka. Es la banda de frecuencia que abarca el rango desde los 14 [GHz] a 14.5 [GHz] para enlace ascendente, y el rango de 11.7 [GHz] a 12.2 [GHz], para enlace descendente, en el caso de los equipos satelitales fabricados por NEC Co.

Batch. En el ambiente de las redes de datos (LAN, MAN o SWAN) se denota con este vocablo de lengua inglesa a las aplicaciones que manejan transferencia de información masiva, como por ejemplo actualizaciones de bases de datos o copias de archivos.

BBP. Procesador de Banda Base (*Base Band Processor*). El procesador de banda base es una sección del IDU de la red TDMA NEXTAR diseñada por NEC Co., que se encarga de empaquetar los datos provenientes del puerto de la terminal del usuario, para acondicionarlos de manera que puedan ser enviados al modulador de ráfaga para su transmisión por el canal satelital.

Beacon Signal. Es la señal de referencia, generada por un oscilador a base de un cristal de alta estabilidad, enviada desde una estación maestra, o desde el satélite, la cual sirve como referencia de nivel y frecuencia para mantener el ajuste de los sintetizadores (nivel y frecuencia) de los equipos mismos de la estación terrena.

BOC. *Bell Ohio teleport Corporation.* Compañía carrier perteneciente a Bell que proporciona servicio de transporte de multimedia a usuarios de Norteamérica.

Bridge. Vocablo de la lengua inglesa que se ha adoptado para denominar a los nodos que conectan dos segmentos físicos dentro de una misma red de área local (LAN) con la misma dirección de red, sin capacidad de aislar el tráfico entre dichos segmentos (en la práctica es muy común encontrar que los fabricantes de equipos de comunicaciones utilizan el nombre de HUB para este tipo de elementos).

Broadband. Este vocablo de la lengua inglesa, no obstante de tener una traducción directa como banda ancha, es más utilizado en inglés. *Broadband* es un adjetivo para aquellas redes que operan con tecnología analógica, o sea utilizan por ejemplo un módem para insertar en un medio de transmisión, señales portadoras las cuales son moduladas por información digitalizada. Debido a su naturaleza analógica, las redes de *broadband* suelen estar multiplexadas por división en frecuencia, lo cual permite transportar múltiples portadoras y subcanales por un mismo medio.

Broadcast. Este vocablo de la lengua inglesa se utiliza para referirse a un método de comunicación que denota difusión desde un solo punto de transmisión de señal (datos, voz o video) recibida por múltiples estaciones receptoras sintonizadas en el mismo canal de transmisión. Un ejemplo clásico es la televisión comercial (no de cable).

BTV. Siglas (*Business Television*) que denotan aplicaciones de televisión corporativa (videoconferencia)

C Band. Ver Banda C.

Carrier. Se le denomina así al prestador de servicios de transporte (medio para implementar redes) para multimedia a usuarios corporativos que no cuentan con redes privadas. La cobertura de un *carrier* no necesariamente es de área local, así en México el ejemplo más claro es la red satelital de TELMEX (red de transporte) la cual puede comunicar a un usuario corporativo desde sus oficinas centrales (en una ciudad principal) a casi cualquier localidad o municipio en el territorio nacional. Un término que comienza a adoptarse en la jerga de telecomunicaciones en castellano para denominar a un *carrier* es "telepuerto" (véase también LATA).

CDMA. Método de Acceso Múltiple por División de Código (*Code Division Multiple Access*). Es un método de acceso múltiple que hace un uso muy eficiente del ancho de banda del medio, ya que utiliza normalmente una sola portadora de transmisión y otra de recepción, pudiendo cada nodo identificar a los datos que le corresponden de acuerdo a un código único, aún si la información de cada uno se ha transmitido simultáneamente. En este caso se elimina el problema de las colisiones de datos y por lo tanto del congestionamiento del canal.

CSC. Canal de Señalización Común (*Common Signalling Channel*). Es el canal bidireccional (una portadora de *outbound* y hasta tres de *inbound* modo TDM/TDMA) de señalización de la red DAMA VOICE NEXTAR, implementado por NEC Co. mediante el cual se establece el control de la asignación de los canales entre circuitos de voz, así como la demanda de los mismos.

D/C. Ver Down Converter.

DAMA. Método de Acceso Múltiple con Asignación en función de la Demanda. Este método de acceso múltiple al canal satelital, se define para una red satelital con topología de malla, en la cual el nodo principal cuenta con un sistema administrador del ancho de banda asignado a dicha red. En este caso, los nodos que requieran acceder al canal satelital para llevar a cabo la comunicación con otro nodo, se comunican con el administrador del ancho de banda (localizado en el nodo principal), a través de un canal de señalización común -CSC- (mismo que solamente ocupa una pequeña fracción del ancho de banda asignado a la red y a una frecuencia fija), para solicitar la frecuencia de una portadora (o dos portadoras en el caso de tener un canal bidireccional). En este momento el administrador del ancho de banda revisa su tabla de asignación, y verifica si hay canales disponibles, en caso afirmativo, informa del número de canal (frecuencia de la portadora), a través del canal de señalización común al nodo demandante, en caso contrario a través del mismo canal común informa la imposibilidad de asignarle el canal, mediante un protocolo específico para este método.

En el caso del método DAMA implementado por NEC Co., al administrador del ancho de banda se le denomina Controlador de DAMA Primario, PDC, y a su contraparte en los nodos remotos, se le conoce como Controlador de DAMA Secundario, SDC, como una analogía a los protocolos sincrónicos de comunicación de datos, en donde se definen estaciones del tipo primario y secundario.

DATAPAC. Red pública X.25 que da servicio a más de 60 ciudades en Canadá.

DCE. Equipo de terminación del circuito de datos (*Data Circuit terminating Equipment*). Equipo que conecta a dos DTEs o un DTE al canal de comunicación.

DLI. Carga de Programas desde el SNMS para el SAC, o desde el SAC para el IDU TDMA (*Down Line Loading*) en la red TDM-AAA/TDMA NEXTAR diseñada por NEC Co.

DNA. Arquitectura de la red *Digital (Digital Network Architecture)* Son las especificaciones de equipo y protocolo de comunicaciones que definen la arquitectura de red para los usuarios de DEC (*Digital Equipment Corporation*).

Down Converter. Es el equipo que efectúa la conversión de frecuencia (cambio de banda) y amplificación de la señal proveniente del LNC, de banda L a frecuencia intermedia. La señal de salida de este equipo es utilizada para alimentar al amplificador ecualizador de frecuencia intermedia.

Down Link. Véase Enlace Descendente.

DPC. Tarjeta de Puertos de Datos (*Data Port Card*). Es el módulo que funciona como interfase entre los puertos provenientes del *host* o FEP, y la red NEXTAR diseñada por NEC Co.

DSO. Estándar para canales de voz tipo 672 codificados digitalmente.

DTE. Equipo Terminal de Datos (*Data Terminal Equipment*). Es el equipo que emplea el usuario final, por ejemplo sistemas PCs, *workstations*, terminales punto de venta, cajeros automáticos, etc.

ECMA. Asociación europea de fabricantes de computadoras (*European Computer Manufacturer Association*).

Empresa. Es una base de datos relacional tipo SQL, utilizada para manejar las bases de datos del programa SNMS que administra a la red TDM-AAA/TDMA NEXTAR diseñada por NEC Co.

Enlace Ascendente. En la terminología de las comunicaciones vía satélite, se emplea para identificar, la señal cuyo origen (extremo transmisor) es la estación terrena, y su destino (extremo receptor) es el satélite de comunicaciones.

Enlace Descendente. En la terminología de las comunicaciones vía satélite, se emplea para identificar, la señal cuyo origen (extremo transmisor) es el satélite de comunicaciones, y su destino (extremo receptor) es la estación terrena.

FCC. *Federal Communications Commission*

FCS. Secuencia de revisión de la trama (*Frame-Check Sequence*). Durante la transmisión de datos en un canal con ruido (de acuerdo a la teoría de Shannon), esperamos la ocurrencia de errores, por lo que se implementan métodos de detección y corrección de los mismos. Uno de estos métodos es el conocido como CRC (código de redundancia cíclica), el cual mediante este FCS detecta errores realizando operaciones booleanas con la trama de datos.

FDMA. Método de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (*Frequency Division Multiple Acces*). En este método, se accede al medio satelital a través de portadoras fijas, asignadas a razón de una portadora por cada canal unidireccional (véase SCPC). El ancho de banda total soportado por este medio es entonces dividido en canales, de manera análoga a las líneas telefónicas privadas.

FEC. Técnica de corrección de errores con codificación adelantada al envío de datos (*Forward Error Correction*). Consiste en codificar las tramas de información (códigos diferenciales o convolucionales) para agregar bits de información previo a la transmisión sobre el medio (canal con ruido), al que normalmente se le asocia con una ganancia en dB.

FEP. Procesador de Comunicaciones (*Front End Processor*). Es un equipo que tiene como función el control de los puertos de comunicación entre una computadora principal *host*, y sus terminales que pueden estar en red LAN, MAN o SWAN.

FFT. Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*)

FI. Frecuencia Intermedia. En el caso de las redes satelitales, es el intervalo de frecuencias de las señales que se encuentran en el rango de los 140 Mhz para sistemas digitales y los 70 Mhz para sistemas analógicos.

Gateway. Este vocablo de lengua inglesa se utiliza para denotar un puerto de tránsito o nodo que interconecta una red LAN o da acceso a ésta desde otra red que puede o no ser del mismo tipo. Este nodo puede ser del tipo router o bridge o incluso una unidad de acceso al medio

GCE. Equipo de Comunicación Terrestre (*Ground Communication Equipment*). Es el equipo de comunicación vía satélite, que maneja las señales a nivel terrestre, en la estación maestra de la red NEXTAR diseñada por NEC Co., o sea el equipo que maneja las señales (de voltaje) a través de conductores, antes que estas señales sean convertidas en ondas electromagnéticas radiadas a través del aire y del espacio libre. Usualmente este equipo, en una configuración básica, consiste de *Up Converters*, *Down Converters*, y *Pilot Oscillators*, de manera opcional podemos encontrar, los *Level Controls* y el *TPC*.

GUI. Interfase gráfico del usuario (*Graphic User Interface*). En los sistemas de administración de redes actuales, se ha adoptado una solución común entre las aplicaciones

que manejan información masiva, la cual consiste en tener una terminal o consola (que puede ser una workstation) que cuente con una plataforma gráfica, normalmente del tipo de ventanas, que represente un ambiente amigable al operador, a esta plataforma gráfica se le ha denominado interfase gráfico del usuario.

Header. En un sistema de transmisión de información estratificado, de acuerdo al modelo de referencia de la ISO, se debe generar información adicional básica a cerca del destino y la fuente de dichos datos (dirección, tamaño de la trama, etc.) a la cual se le denomina encabezado o *header*.

HDTV. Siglas (*High Definition TeleVision*) con que se nombra a la tecnología de la televisión de alta definición.

Host. Se utiliza este vocablo de la lengua inglesa para denotar al sistema de proceso de datos principal que actúa como nodo central en una red de datos.

HPA. Amplificador de Alta Potencia (*High Power Amplifier*). Es parte del equipo de radio frecuencia (RF), instalado en el shelter, que se encarga de amplificar la señal proveniente del U/C para redes que trabajan en la banda Ku. Usualmente, la unidad amplificadora de estos equipos, para el caso de las redes NEXTAR diseñadas por NEC Co. son los TWTs, (cuyos rangos de potencia varían de 40 W hasta 500 W) sin embargo, también se pueden encontrar tubos de mayor capacidad (1KW), de cavidad resonante, como en la red satelital de TELMEX.

HPC. Convertidor de Alta Potencia (*High Power Converter*). Es un módulo localizado en las ODU, que combina las funciones de un U/C y un HPA (para una VSAT), que normalmente operan en equipos separados en las estaciones maestras.

HUB. Nombre con el que se identifica a la estación maestra de una red vía satélite, que proviene de la terminología utilizada en el idioma inglés

ICMP. Protocolo para mensajes de control entre redes (*Internet Control Message Protocol*). Protocolo a nivel de red (de acuerdo al modelo de referencia de la OSI), que sirve para reportar errores durante el proceso de los datagramas mediante el protocolo IP (ver TCP/IP).

IDU. Unidad Interna (*In Door Unit*). Las funciones principales de esta unidad es actuar como interfase entre la red satelital y los equipos terminales de datos del usuario dentro de las redes satelitales de la serie NEXTAR diseñadas por NEC Co. Esta definición es válida para todos los métodos de acceso (TDMA, SCPC-Clear Channel y SCPC-DAMA)

IEEE. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electric and Electronics Engineers*)

IF. Ver FI.

IFL. Enlace Inter-Facilidades (*Inter Facility Link*). Se le denomina así al enlace que existe entre el IDU y el ODU, a través del cual se transmiten las señales de transmisión, recepción, alimentación y control, multiplexadas en frecuencia, en banda L.

Internet. Cuando se escribe con "i" mayúscula se refiere a la organización internacional de la red "Internet". Cuando se escribe con "i" minúscula se refiere al *internetworking*.

Internetworking. Es la parte de la teleinformática que se dedica al estudio de la interconexión de redes autónomas con fines de lograr una red única de tipo corporativo y consolidada. Esta acción la realiza a través del estudio de las técnicas de acceso a la misma, medios de transmisión así como protocolos de comunicación.

IP. Ver TCP/IP

ISBN. *Integrated Satellite Bussines Network*. Nombre de la serie de redes satelitales para la transmisión de *multimedia* de la compañía M/A-COM.

ISDN. Red Digital de Servicios Integrados (*Integrated Digital Services Network*)

ISO. Organización Internacional de Normalización (*International Standards Organization*).

ISTI. Instituto de interfases y señales para terminales (*Interface and Signaling Terminal Institute*). Es una dependencia del ITU-T (antes llamado CCITT) que se dedica a la normalización de los interfases y formas de señalización para terminales de datos.

Ku Band. Véase Banda Ku.

L Band. Véase Banda L.

LAN. Red de Area Local (*Local Area Network*). Es una red de computadoras cuya distancia entre nodos, es tal, que la red completa no rebasa los límites de una área de trabajo delimitada por ejemplo, por un edificio, una empresa, un negocio, o una institución educativa.

LATA. Agente local de servicio de transporte de *multimedia* (*Local Area Transport Agent*). En la década de los ochenta, cuando la compañía telefónica AT&T tuvo problemas financieros, las centrales telefónicas se separaron en entidades independientes creando el concepto LATA, que consiste en la oferta de los recursos de transporte de *multimedia* de área local, a usuarios corporativos que no cuentan con redes de transporte privadas. Así el trabajo de un LATA consiste en proporcionar los medios (transporte) para conectar en red a los nodos remotos y central de un usuario que corre aplicaciones de voz, datos y video (véase también *carrier*).

LCP. Proceso del Control de Línea (*Line Control Process*). Es el proceso que lleva a cabo el empaquetado de los datos que se reciben en cada puerto de la DPC y los envía al módulo MAC dentro de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co..

Level Control. Es el dispositivo que permite controlar el nivel (ganancia del amplificador de la primera etapa del U/C) de la señal de salida que entrega el *Up Converter* al HPA. Trabaja en conjunto con el TPC, y se conecta entre la etapa de conversión de frecuencia intermedia a banda L y la etapa de conversión de banda L a banda Ku en enlace ascendente, del *Up Converter*.

LNA. Amplificador de Bajo Ruido (Low Noise Amplifier). Este equipo realiza la primera amplificación (como su nombre lo dice, con una muy baja amplificación del ruido), de la señal proveniente del alimentador de la antena. Normalmente es utilizado para redes satelitales que operan en banda C.

LNC. Convertidor de Bajo Ruido (Low Noise Converter). Este equipo realiza la primera conversión y amplificación (como su nombre lo dice, con una muy baja amplificación del ruido), de la señal proveniente del alimentador de la antena. La conversión de frecuencia, para las redes NEXTAR, es de la banda Ku en enlace descendente a banda L.

LSW. Conmutador de Línea (*Line Switch*). Es un equipo constituido a base de conmutadores electromecánicos, el cual se conecta entre los puertos del HOST o FEP y los puertos del SAC dentro de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.. La función de este equipo, es cambiar la ruta de los puertos provenientes del HOST o FEP conectados a un SAC (primario), que ha fallado, a la ruta de los mismos puertos del HOST o FEP a un SAC de respaldo, para permitir la comunicación satelital continua.

M & C. Equipo de Monitoreo y Control (*Monitor & Control*). Es un equipo que facilita el manejo de alarmas y el control de los equipos de la red satelital así como la configuración del equipo LSW, en la parte de banda base, y el monitoreo exclusivamente del equipo de señal (RF y FI), en las configuraciones básicas de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co. Este equipo se conecta entre el SNMS, el LSW y el equipo de señal localizado en el shelter.

MAC. Controlador de Acceso al Medio (*Media Access Controller*). Es el módulo de banda base de los equipos TDMA que realiza el control de flujo de la información empaquetada por el LCP de cada DPC, para efectuar la transmisión de dichos paquetes a través método TDM/AAA-TDMA patentado por NEC Co..

MAN. Red de Area Metropolitana (*Metropolitan Area Network*). De manera análoga a la definición de una red de área local, se refiere a una red de comunicaciones de datos cuya extensión abarca los límites de una área urbana o ciudad, enlazada principalmente mediante los recursos ofertados por el servicio de la infraestructura telefónica terrestre (por ejemplo fibra óptica y microondas).

MIC. Circuito Integrado de Microondas (*Microwave Integrated Circuit*).

Motif. Son los conjuntos de programas de aplicación que manejan el ambiente gráfico de Xwindows (X11) que corre en las estaciones de trabajo basadas en el sistema operativo UNIX, como las de la serie *Sparc* en las que corre el programa del SNMS.

MPU. Unidad de Proceso Principal (*Main Process Unit*). Es el módulo de los equipos de banda base de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co., que se encarga de controlar las diferentes tareas que realiza cada módulo de software, así como el control de las alarmas y la configuración de la estación terrena (HUB y VSAT).

MSAT. VSAT para aplicaciones de comunicaciones móviles (*Mobile vSAT*)

Multimedia. Este vocablo de lengua inglesa se ha utilizado sistemáticamente como calificativo y aún como sustantivo en el ambiente de la teleinformática, mismo que denota una referencia a medios múltiples a ser transferidos mediante canales de comunicación, hablamos específicamente de datos, voz (audio) y video.

NC. Parámetros de Conexión de la Red (*Network Connection*). Estos parámetros definen la conexión de la red del usuario a la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co., de acuerdo a una función de mapeo.

NEC Co. *Nippon Electric Company Corporation*.

NEXTAR. Es la serie de redes satelitales desarrollada por la compañía NEC Co. la cual agrupa a redes multimedia que utilizan diferentes técnicas de acceso al satélite, teniendo como base común el mismo equipo de radiofrecuencia y frecuencia intermedia, variando solamente la sección de banda base según la aplicación.

ODU. Unidad Externa de Radio Frecuencia (*RF Outdoor Unit*). Es el equipo de radio, que funciona como transmisor y receptor al y del satélite, en las estaciones VSAT de las redes NEXTAR fabricadas por NEC Co. Este equipo está constituido básicamente por un HPC, en la parte transmisora, y por un LNC, en la parte receptora, ambos módulos están diseñados a base de transistores FET, los cuales forman MIC's.

OPC. Control de Operación (*Operation Control*). Es el programa que lleva a cabo el control de la red (NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.), en conjunto con los programas del SLC y el MAC.

Oscilador Piloto. Ver Pilot Oscillator.

Overhead. En un sistema de transferencia de información, el overhead es la razón de la longitud total de la trama (datos más header) entre la longitud de los datos, este parámetro se utiliza generalmente para análisis de eficiencia de la utilización de un canal de transmisión.

PABX. Conmutador automático privado de circuitos telefónicos (*Private Automatic Branch eXchange*). Ver también PBX.

PBX. Conmutador privado de circuitos telefónicos (*Private Branch eXchange*). Ver también PABX.

PDC. Controlador de DAMA Primario (*Primary DAMA Controller*). Es el equipo que se encarga de llevar a cabo la gestión de los recursos del canal satelital en el método de acceso múltiple con asignación por demanda DAMA implementado en la red NEXTAR diseñada por NEC Co.

Pilot Oscillator. Este equipo, opera a base de un cristal de alta estabilidad, para generar una señal de referencia, cuyos rangos de variación de nivel y frecuencia son casi nulos. Esta señal cumple con dos funciones, la primera es que permite mantener "amarrados" los sintetizadores de los equipos de señal de la estación maestra, para asegurar la correcta transmisión de las señales susceptibles a los corrimientos de frecuencia, como en el caso de las señales dinámicas (transmisiones por ranuras de tiempo conocidas como señales en ráfaga) de las estaciones (TDMA); y la segunda función, consiste en actuar como señal de "radio faro" (*beacon*), para mantener apuntada la antena con ganancia máxima, en el caso de contar con un sistema de apuntamiento automático (*autotracking*).

RF. Abreviación de Radio Frecuencia, utilizada en la terminología de las comunicaciones vía satélite para denominar la porción de los equipos de señal que trabajan con ondas electromagnéticas. Para el caso de las redes NEXTAR diseñadas por NEC Co. esta parte de RF, incluye a los *Tx Path Selector* y HPAs o SSPAs (bandas Ku y C). Adicionalmente también podríamos catalogar al LNC dentro de esta parte, ya que también trabaja con ondas electromagnéticas provenientes del alimentador de la antena, sin embargo, para referirse a este equipo se suele estudiarlo como una categoría fuera de la RF.

Router. Así se denomina al equipo que conecta a dos segmentos de redes locales (LAN) diferentes, teniendo funciones de encaminamiento y por lo tanto de aislamiento de tráfico entre dichos segmentos.

SAC. Controlador de Acceso al Satélite (*Satellite Acces Controller*). Las funciones principales de este equipo es actuar como interfase entre los puertos de información del usuario y la red de VSAT (solamente para la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.), llevando a cabo la conversión del protocolo terrestre al protocolo satelital y el control de las estaciones remotas.

SAHM. (*Stand Alone Hub Modem*). Iniciales que se utilizan para referirse al módem SCPC de canal transparente (*Clear Channel*) de velocidad variable, de la red SCPC NEXTAR diseñada por NEC Co.

SAIC. Controlador del Interfase de Acceso al Satélite (*Satellite Access Interface Controller*). Es el módulo del SAC, que se ocupa del control de la sección de señal

(módem), para llevar a cabo las funciones de los métodos de acceso múltiple al satélite en las redes NEXTAR implementadas por NEC Co.

SC. Ver *System Console*.

SCI. Interfase del Canal Satelital (*Satellite Channel Interface*). Es la sección del IDU, que lleva a cabo las funciones de control del módem, necesarias para el correcto desempeño del método TDM-AAA/TDMA patentado por NEC Co.

SCPC. Un Solo Canal Por Portadora (*Single Channel Per Carrier*). Se refiere a la especificación de canales de transmisión-recepción para el método de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Esto quiere decir que será necesario contar con una portadora por cada canal unidireccional (half duplex) de comunicación de datos, que se requiera establecer, o sea que si se pretende contar con un canal bidireccional (full-duplex) se tendrán que utilizar dos portadoras, es decir una para el canal de Transmisión y otra para el canal de recepción

SDC. Controlador de DAMA Secundario (*Secondary DAMA Controller*). Es el módulo que se encarga de realizar las solicitudes de asignación de canales en la red NEXTAR DAMA Voice diseñada por NEC Co., al SDC para establecer un enlace satelital de voz.

SG. Parámetros de Generación del Sistema (*System Generation*). Son los parámetros que definen la configuración de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.

Shelter. Se le nombra de esta manera al cuarto destinado para la instalación de los equipos de señal en la estación maestra de las redes NEXTAR implementadas por NEC Co. El equipo localizado en este cuarto, consiste en el GCE, RF, ACU y la porción de señal del M&C.

SLC. Control del Enlace Satelital (*Satellite Link Control*). Es el programa que lleva a cabo el control del enlace satelital a nivel 2 (de acuerdo al modelo de la OSI) en la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.

SMC. Ver *System Monitor Console*.

SNA. Arquitectura de la red del sistema (*System Network Architecture*) Son las especificaciones de equipo y protocolo de comunicaciones que definen la arquitectura de red para los usuarios de IBM.

SNMS. Sistema de Administración de la Red Satelital (*Satellite Network Management System*). Es el sistema administrador de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co., a través del cual se pueden llevar a cabo tareas como configuración, monitoreo, control y mantenimiento a los elementos de la misma red (tanto estación maestra, como estaciones remotas). Este sistema consiste básicamente de un servidor y una terminal GUI (*workstations* marca Sun de la serie SPARC con sistema operativo Solaris)

SQL. Lenguaje estructurado de manejo de bases de datos (*Structured Query Language*).

SSPA. Amplificador de Potencia de Estado Sólido (*Solid State Power Amplifier*). Es parte del equipo de radio frecuencia (RF), instalado en el shelter, que se encarga de amplificar la señal proveniente del U/C. Para redes que trabajan en la banda C la potencia es del orden de los 100 W, y para redes que operan en la banda Ku la potencia normalmente es de 15 W. La unidad amplificadora de estos equipos, para el caso de las redes NEXTAR implementadas por NEC Co. está construida a base de transistores FET cuya respuesta en frecuencia, les permite operar tanto en banda C como en banda Ku a las potencias mencionadas.

STP. Protocolo de Transporte Satelital (*Satellite Transport Protocol*). Es el protocolo utilizado a nivel de red (de acuerdo al modelo de referencia de la OSI) para el control de flujo de información entre SAC y BBP en el método TDM-AAA/TDMA implementado por NEC Co.

SWAN. Red Satelital de Area Amplia (*Satellite Wide Area Network*). Al igual que la LAN y la MAN, esta red se define con base en el área que abarca su capacidad de comunicación entre nodos. El término "amplia" denota confines geográficos que pueden abarcar una nación completa e incluso una región conformada por más de un país. El término "satelital" implica obviamente que el medio que funciona como columna vertebral de la SWAN es uno o más de un satélite de comunicaciones.

System Console. Consola (*workstation* Sun SPARC) donde reside el *software* del SNMS, a través de la cual se puede administrar esta aplicación (inicio, término y mantenimiento así como instalación) utilizada para la administración de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.

System Monitor Console. Es la consola (*workstation* Sun SPARC) que corre la parte del SNMS, dedicada a manejar la base de datos para actividades de configuración, control y monitoreo de la red, así como la información estadística, de la red (incluyendo sus particiones, cuando éstas existen) a través de un ambiente GUI.

T1. Canal Digital de alta velocidad, con una tasa de transmisión igual a 1.544 Mbps.

TCP. Ver TCP/IP

TCP/IP. Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Inter-red (*Transmit Control Protocol-Internet Protocol*). Familia de protocolos utilizados para la interconexión de redes informáticas. El primero (TCP) es un protocolo a nivel de transporte (4 según el modelo de referencia de la OSI) que establece sesiones -conexiones- entre la fuente y el destino de la información, detectando y corrigiendo errores así como resecuenciando las tramas de información. El segundo (IP) es un protocolo a nivel de red (3 según la OSI) orientado a desconexión, es decir no establece sesión entre fuente y destino, y por lo tanto las unidades de información carecen de encabezados enriquecidos por lo que se les

denomina datagramas, no hay control de flujo por ejemplo, ni detección o corrección de errores, ya que estas funciones son llevadas a cabo con una alta eficiencia por el protocolo TCP como ya se mencionó.

TDM. Multiplexaje por división de tiempo. Se refiere a la multicanalización de un medio, para poder llevar a cabo la comunicación desde varios transmisores a sus correspondientes receptores, por un solo canal. Esto consiste en asignar un intervalo de tiempo por receptor para establecer la comunicación, sincronizado con un reloj cuya tasa debe ser mayor a la tasa del reloj de cada transmisor-receptor.

TDMA. Acceso Múltiple por División de Tiempo (*Time Division Multiple Access*). En este método de acceso múltiple, los transmisores de las estaciones utilizan el medio (canal satelital), a través de ranuras de tiempo, que solamente puede ocupar una transmisión al mismo tiempo. Existen algunas variantes, para este método, que puede ser, el acceso aleatorio (donde se pueden presentar colisiones de dos transmisiones simultáneas), el acceso en modo reservación donde el transmisor realiza la petición de reserva de una o más ranuras para su uso exclusivo, el acceso en modo prereservado, donde el nodo central reserva la o las ranuras para un transmisor específico, y finalmente el modo de asignación permanente, en donde el nodo central reserva de manera permanente una ranura para uno o mas transmisores.

Al método patentado por NEC Co. que combina todas las variantes mencionadas, se le conoce como **TDM-AAA/TDMA** (*Time Division Multiplexing-Advanced Adaptive Assignment/Time Division Multiple Access*), donde la comunicación del nodo central a los nodos remotos, se realiza a través de TDM, y la comunicación de los transmisores remotos al nodo central se realiza en TDM-AAA/TDMA, que es la combinación de variantes del método TDMA.

TDM-AAA/TDMA. Véase TDM y TDMA

TELEPAC. Red pública de transmisión de datos con formato de paquetes, que opera en México, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Telepuerto. Ver *Carrier* y LATA

TFTP. Protocolo Trivial de Transporte de Archivos (*Trivial File Transfer Protocol*). Es un protocolo de la familia TCP/IP, que es utilizado por ejemplo, por el programa del SNMS, para realizar la transferencia de archivos (D.L. de programas) a los SAC's dentro de la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co.

TPC. Controlador de Transmisión de Potencia (*Transmit Power Controller*). Es un equipo que funciona como un control en malla abierta, el cual sensa el nivel de recepción de la señal del oscilador piloto, proveniente de los Down Converter. Si el nivel de recepción de la señal piloto es diferente (mayor o menor) que el nivel nominal con el cual se ha ajustado el TPC previamente, entonces compensa la variación, controlando el nivel de la señal de

excitación enviada a los HPAs (a través de la atenuación o amplificación de la señal manejada por los U/C) mediante los Level Control. Este equipo es muy útil para cuando se tiene una estación maestra cuyo amplificador de potencia trabaja en una banda susceptible a "desvanecimiento" de la señal por lluvia (*rain fading*), provocando atenuaciones en el nivel de transmisión. El rango de amplificación o atenuación, es fijo, por lo tanto si la variación del nivel sentido excede a dicho rango, el TPC, simplemente atenuará o amplificará en el límite de este intervalo. Este controlador se utiliza exclusivamente por las redes NEXTAR implementadas por NEC Co.

TRANSPAC. Red pública europea X.25 con 22 centros de conmutación y 13,000 abonados.

TSAT. VSAT para enlaces TI y sub-TI

TVRO. Siglas (TeleVision Receive Only) con que se nombran a los nodos de telecomunicaciones (vía satélite u otro medio) que funcionan solamente como receptores de televisión (por ejemplo las antenas "parabólicas" domésticas o las antenas de Multivisión en México)

TVSAT. VSAT para enlaces de Televisión

TWT. Tubo de Ondas Progresivas (*Travelling Wave Tube*). Es un amplificador de potencia, al cual se le excita con una señal de voltaje en la banda de frecuencia ascendente para radiar al satélite. Esta señal proviene del U/C, y es la que modula la velocidad con que se disparan los electrones en el campo eléctrico, mismo que produce una salida en forma de ondas electromagnéticas cuya frecuencia y variaciones de nivel, son un reflejo fiel de la señal que las produjo, solo que de manera amplificada.

Tx Path Selector. Es el selector de ruta de transmisión utilizado por las redes NEXTAR implementadas por NEC Co., el cual consiste de un conmutador de guía de onda, el cual permite cambios de ruta de la señal proveniente de los U/Cs a la guía de onda que se conecta al HPA en la ruta de transmisión de la estación maestra. Antes de revisar el funcionamiento de este dispositivo haremos las siguientes aclaraciones: debido a que los equipos de amplificación HPAs, trabajan con potencias considerables, las fuentes de alimentación de cada amplificador, cuentan con una unidad de alimentación especial para el calentamiento previo del amplificador, para que opere a su temperatura de trabajo, por lo que la transmisión de señal desde este HPA, no se efectuará de manera instantánea en el momento de encendido del mismo, por lo tanto en una configuración redundante de estos amplificadores, es deseable que en el momento en que la unidad en línea falle, el equipo de respaldo lo sustituya con la menor pérdida de tiempo, y para realizar esto, no es posible tener apagado este equipo de respaldo. En virtud de lo anterior, es necesario que tanto el HPA primario, como el HPA de respaldo, se mantengan encendidos, sin embargo debemos notar que el HPA primario, deberá tener un acoplamiento de impedancias con el HPA y puerto de transmisión de la antena, mientras que el HPA de respaldo, deberá estar acoplado

a una carga que le permita acoplar las impedancias y evitar la reflexión de las ondas electromagnéticas amplificadas, y por lo tanto el daño del mismo amplificador.

Considerando los puntos anteriores, veremos que el Tx Path Selector, permite la conexión del HPA primario hacia el HPPF, y al mismo tiempo que posibilita la conexión del HPA de respaldo hacia la carga, así como su conmutación, en caso de que el primero falle. Esto se logra a base de un circuito de guía de onda y un conmutador electromecánico de guía de onda, como ya se había explicado al principio.

UAC. Ver Up Converter

UMC. Ver User Monitor console.

Up Converter. Es el equipo que realiza la preamplificación y conversión de frecuencia (cambio de banda) de la señal proveniente de los amplificadores ecualizadores de frecuencia intermedia, a la frecuencia de la banda L y en una segunda etapa a la frecuencia de la banda Ku o banda C en enlace ascendente. La señal a la salida de este convertidor (convertida y preamplificada) se envía como excitación a los HPAs.

Up Link. Véase enlace Ascendente.

UPC. Tarjeta del Puerto Universal (*Universal Port Card*). Es el módulo (tarjeta) montado en el SAC, que se encarga de llevar a cabo la comunicación entre el SNMS y el SAC para la red NEXTAR TDM-AAA/TDMA diseñada por NEC Co. Este módulo tiene un interfase de tipo AUI para conectarse en red local de administración con el SNMS.

USAT. Terminal de Apertura Extremadamente Reducida (*Ultra Small Aperture Terminal*) Son estaciones remotas de una red satelital cuyas antenas de apertura (normalmente de perfil parabólico) cuentan con platos de hasta 35 cm de diámetro.

User Monitor Console. Esta consola puede realizar las mismas actividades que la SC, con la excepción que no puede definir recursos satelitales, como ancho de banda y asignación de canales, o sea tiene un grado jerárquico menor.

VSAT. Estación remota con antena de apertura de diámetro pequeño (*Very Small Aperture Terminal*). Así se identifica a las estaciones remotas cuya configuración incluye equipo de banda base así como de señal necesario para llevar a cabo, de manera eficiente, comunicación vía satélite, cuyas dimensiones incluyendo la antena de apertura (usualmente de diámetros en el rango de los 1.2 a los 3.6 m), la hacen una solución práctica para las redes de tipo WAN. Estas estaciones consisten básicamente de un procesador de banda base, un módem y una unidad de radiofrecuencia, que les permiten acceder al canal satelital, igual que lo haría una estación maestra, solamente que con menor potencia, y por supuesto con tan solo una pequeña fracción del costo de ésta.

Red de VSATs. se refiere a una red de comunicaciones vía satélite, cuyos nodos son exclusivamente estaciones de tipo VSAT. Un ejemplo son las redes NEXTAR en sus múltiples variantes desarrolladas por NEC Co.

Workstations. Aunque la traducción al español es directa, estación de trabajo, es más común nombrarlas en inglés en la jerga de las comunicaciones. Se refiere a un sistema de cómputo de propósito general cuyos recursos y capacidades de procesamiento y almacenamiento rebasan considerablemente a un sistema personal, acercándose a una minicomputadora y en ocasiones a un *mainframe*, sin embargo, conserva su característica de modelo de escritorio (*desktop*). Generalmente se utilizan para aplicaciones del tipo CAD/CAM y últimamente como sistemas administradores de redes de comunicaciones.

XWindows. Es una aplicación que corre sobre el sistema operativo UNIX, la cual permite contar con un ambiente gráfico en las estaciones de trabajo en las que se instala. Esta aplicación permite manejar los procesos del usuario a través de ventanas en la pantalla, cuyo número es limitado únicamente por la manera en que se distribuyan en el área visible de dicha pantalla, además del tipo de proceso y los recursos del sistema que consume.

APENDICE B

Características técnicas del equipo utilizado en el caso práctico del Capítulo 9.

I Equipo Para la Estación Maestra Fase I

a) Sección de Radio Frecuencia

- | No. | Descripción |
|-----|---|
| 1. | SSPA de 15 Watts en configuración redundante (1 + 1) |
| 2. | LNC de 150 K en configuración redundante |
| 3. | UP/DOWN Converter en configuración redundante (1 + 1) (140 MHz) |
| 4. | Oscilador Piloto |

b) Sección de Banda Base

- | No. | Descripción |
|-----|---|
| 1. | SAC MODEM NEXTAR IV en configuración redundante (1M + 2D) con gabinetes y Combinador/Divisor. |
| 2. | Tarjetas de un puerto para SAC/Módem con interfase V.35 para manejar el protocolo X.25. |
| 3. | Conmutador de Línea Tipo Módulo |
| 4. | SNMS Unix |
| 5. | Unidad de Control y Monitoreo |

6. Software para el protocolo X.25
7. Software para el protocolo X.3 PAD para soportar comunicación asincrónica, Rec. X.28.
8. Controlador de DAMA primario y de expansión en configuración redundante (1+1).
9. ADPCM-VOICE MODEM, dos gabinetes con cinco canales y un gabinete con tres canales
10. Módem CSC en configuración redundante (1+1)
11. Sistema administrador OPT para administración, configuración y monitoreo.
12. Un Módem de canal transparente de velocidad variable (CL-CH VR SAHM)
13. Un Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC
14. Materiales para instalación
15. Manuales de Operación y Mantenimiento

II Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT Fase I

a) Sección de Radio Frecuencia

1. Antena de apertura parabólica tipo offset con base penetrable y seguro de anclas (20 juegos).
2. ODU de 1 W/140 K NEXTAR III (20 juegos)
3. Cable de IFL de 80 mts (20 juegos)

b) Sección de Banda Base

1. AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24 (20 juegos).

2. Unidad Interna de Voz (VOICE IDU) NEXTAR IV con 2 canales de Voz (20 juegos).
3. Unidad Interna de Canal Transparente de Velocidad Variable (CLVR IDU) (20 juegos).
4. Un Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC. (20 juegos).
5. Manuales de Operación y Mantenimiento (20 juegos).

III Refacciones (Opcionales) Fase I

Equipo Para la Estación Maestra

No. Descripción

1. LNC de 150 K en configuración redundante
2. 1 tarjeta de puertos para SAC MODEM NEXTAR IV
3. 1 tarjeta UPC para SAC/MODEM NEXTAR IV
4. 1 tarjeta para el Conmutador de Línea Tipo Módulo
5. 1 Juego de tarjetas para un canal de voz
6. 1 tarjeta de interfase RS-449/422 para el CL-CH VR SAHM

Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT

1. ODU de 1 W/140 K NEXTAR III (2 juegos)
2. AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24 (2 juegos).
3. 2 VOICE IDU NEXTAR IV con dos canales de voz.

4. 2 CLVR IDU NEXTAR IV con interfase RS-449/422
5. Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC
 - CODEC de video TC9000
 - Monitor NEC
 - Cámara y micrófono NEC

IV Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT Fase II

a) Sección de Radio Frecuencia

1. Antena de apertura parabólica tipo offset con base penetrable y seguro de anclas (20 juegos).
2. ODU de 1 W/140 K NEXTAR III (20 juegos)
3. Cable de IFL de 80 mts (20 juegos).

b) Sección de Banda Base

1. AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24 (20 juegos).
2. Unidad Interna de Voz (VOICE IDU) NEXTAR IV con 2 canales de Voz (20 juegos).
3. Unidad Interna de Canal Transparente de Velocidad Variable (CLVR IDU) (20 juegos).
4. Un Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC. (20 juegos).
5. Manuales de Operación y Mantenimiento (20 juegos).

V Refacciones (Opcionales) Fase II

Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT

1. 1 ODU de 1 W/140 K NEXTAR III
2. 1 AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24.
3. 2 VOICE IDU NEXTAR IV con dos canales de voz.
4. 2 CLVR IDU NEXTAR IV con interfase RS-449/422

VI Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT Fase III

a) Sección de Radio Frecuencia

1. Antena de apertura parabólica tipo offset con base penetrable y seguro de anclas (50 juegos).
2. ODU de 1 W/140 K NEXTAR III (50 juegos)
3. Cable de IFL de 80 mts (50 juegos).

b) Sección de Banda Base

1. AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24 (50 juegos).
2. Manuales de Operación y Mantenimiento (50 juegos).

V Refacciones (Opcionales) Fase II

Equipo Para las Estaciones Remotas VSAT

1. ODU de 1 W/140 K NEXTAR III (3 juegos)

2. AA/TDMA IDU NEXTAR IV de cuatro puertos con interfase V.24 (3 juegos).

VI Características Técnicas del Equipo Listado

Se tomaron a partir de [17 a la 31]

I Estación Maestra Sección de Radio Frecuencia

I. Antena de Apertura Parabólica Tipo Cassegrain (Marca NEC)

Características

Eléctricas

· Diámetro	6.4 m
· Frecuencias de Operación	
- Recepción	11.7 a 12.2 GHz
- Transmisión	14.0 a 14.5 GHz
· Ganancia a la mitad de la banda	
- Recepción	$56.4 + 20 \log (f/11.95)$ dBi
- Transmisión	$57.8 + 20 \log (f/14.25)$ dBi
· Envoltente del Lóbulos Laterales Tx	Cumple con la especific. CCIR 580-2
· Aislamiento en Polarización Cruzada	35 dB mínimo
· VSWR	1.3 : 1 Máximo

· Temperatura de Ruido

@ 10° de Elevación	410K
@ 20° de Elevación	320K
@ 40° de Elevación	270K

• Interfase para Radio Frecuencia Alimentador de Corneta Corrugado

Mecánicas

• Material del Reflector	Aleación de aluminio reforzado
• Óptica de la Antena	Foco primario con subreflector hiperbólico tipo Casagrain
• Tipo de Montura	Elevación sobre Azimut
• Rango de Ajuste en Elevación	0° a 90°, con Ajuste Fino de Forma Continua
• Rango de Ajuste en Azimut	± 60°
• Carga por Viento	
- Operacional	Hasta 13 m/s, con ráfagas de 20 m/s
- Ops. Degradada	Hasta 20 m/s, con ráfagas de 27 m/s
- Supervivencia	Hasta 56 m/s
• Temperatura	
- Operacional	- 30° C a + 50° C
• Lluvia	
- Operacional	10 cm/hr
• Humedad	0 a 100 %
• Radiación Solar (incidente)	1.1 KW/m ²

**2. Convertidor de Bajo Ruido
(Low Noise Converter - LNC)**

· Rango de Frecuencias:	
Entrada	11.7 a 12.2 GHz
Salida	1.0 a 1.5 GHz
· Temperatura de Ruido (Unidad LNC)	Menor a 200 K @ +25° C
· Ganancia	Mayor a 55 dB
· Rizo de la Ganancia	Menor a 1.5 dB en el rango de 500 MHz
· Estabilidad de Ganancia:	
a) Corto Plazo	Menor a ± 0.1 dB/minuto
Mediano Plazo	Menor a ± 0.2 dB/12 hrs.
Largo Plazo	Menor a ± 0.5 dB/semana
b) Diferencia de Ganancia por Cambios en la Temperatura Ambiente de -30° C a 50° C	Menor a 5 dB
· Rango Dinámico	
Compresión de Ganancia de 1 dB	Superior a los -50 dBm en la Entrada.
· VSWR de Entrada	Superior a la relación 1.25 : 1
· VSWR de Salida	Superior a la relación 1.5 : 1
· Estabilidad de Frecuencia (bajo condiciones ambientales normales)	Menor a ± 5x10/año
· Distorsión por Retardo de Grupo	1 nseg/50 MHz 5 nseg/500 MHz
· Productos de Intermodulación de 3er orden	Por lo menos 50 dB debajo del nivel de dos portadoras de prueba iguales cada una con una potencia de entrada igual a -63 dBm.

3. Conmutador de LNC (para cambios de ON LINE a STAND BY)

Este conmutador está provisto de una entrada de guía de onda (para las señales de entrada al LNC en banda Ku descendente) y un conmutador de tipo coaxial (para las señales que entrega el LNC en la banda de 1 GHz).

a) Interruptor de Guía de Onda

Características:

• De Microondas

- Rango de Frecuencia: 11.0 a 14.5 GHz
- Pérdidas por inserción: 0.1 dB máx. (0.05 dB, típico)
- VSWR: 1.1 : 1 máximo
- Aislamiento: 80 dB mínimo

• Eléctricas

- Dirección de la alda: Ensamble de conducción removable
- Voltaje/Corriente: -24 VCD/1.5 A
- Tiempo de Conmutación: 60 mseg. nominales

• Mecánicas

- Material: Aluminio
- Brida: UBR-120

b) Interruptor Coaxial

Características

• De Microondas

- Rango de Frecuencia: DC a 18 GHz
- Pérdidas por Inserción: 0.4 dB (6 a 12 GHz)
0.6 dB (12 a 18 GHz)
- VSWR: 1.3 : 1 (6 a 12 GHz)
1.5 : 1 (12 a 18 GHz)

- Aislamiento:	80 dB (6 a 12 GHz) 60 dB (12 a 18 GHz)
• Eléctricas	
- Voltaje/Corriente:	-24 VCD/0.1 A
- Tiempo de Conmutación	10 nseg típico
• Mecánicas	
- Tipo de Conector	SMA, hembra de 50 Ω

4. Amplificador de Potencia de Estado Sólido (Solid State Power Amplifier - SSPA)

• Rango de Frecuencia	14 a 14.5 GHz
• Potencia de Salida Nominal	15 W
• Variación de la Ganancia	2 dBp-p/500 MHz
• Ajuste del Nivel de RF	0 a 15 dB continuo, manual
• Ganancia	65 dB Mínimo
• Estabilidad de Ganancia	± 0.25 dB/día Máximo bajo condiciones ambientales estables.
• Pendiente de la Ganancia	Menor a 0.25 dBp-p en cualquier banda de 40 MHz a 6 dB de <i>back-off</i> de salida
• Emisión de Espurias	60 dB por debajo del nivel de salida nominal.
• Emisión de Ruido Térmico	-70 dBW/4 KHz máximo en el rango de 4.2 a 20 GHz
• Conversión AM a PM	1.5o/dB máximo a 6 dB de <i>back-off</i> de salida

- **Intermodulación de Tercer Orden** 23 dB debajo de dos portadoras iguales cada una teniendo una potencia de a 6 dB del *back-off* de salida.

- **Retardo de Grupo**
 - Componente Lineal 0.05 ns/MHz
 - Componente Parabólico 0.01 ns/MHz²
 - Componente de Rizo 1.0 ns/MHz p-p en cualquier banda de 40 MHz.

- **VSWR**
 - Entrada 1.2 : 1 Máximo
 - Salida 1.2 : 1 Máximo

- **Interfase**
 - Entrada SMA hembra
 - Salida 154 IEC-UBR120

- **Condiciones Ambientales**
 - Temperatura
 - a) Desempeño Optimo 0° a + 45° C
 - b) Operacional -10° a + 55° C
 - c) Almacenado - 20° a + 60° C

 - Humedad Relativa 95%

**5. Convertidor Ascendente
 (Up/Converter)**

- **Frecuencia de Entrada** 140 ± 36 MHz

- **Nivel de Entrada** -23 dBm a -40 dBm

- **Impedancia de Entrada** 75 Ω (conector BNC hembra)
 con pérdidas por retorno mayores a 23 dB

- **Frecuencia de Salida** 14.0 GHz a 14.5 GHz en pasos de 50 KHz

- Impedancia de Salida 50 Ω (conector SMA hembra)
con pérdidas por retorno mayores a 20 dB
- Nivel de Salida -25 dBm a -42 dBm
- Estabilidad de Frecuencia del Sintetizador $\pm 5 \times 10^{-8}$ Hz/mes
- Característica de Amplitud/Frecuencia ± 0.5 dB
@ banda de 140 \pm 36 MHz

6. Convertidor Descendente (Down Converter)

- Frecuencia de Entrada 1.0 a 1.5 GHz (con un ancho de banda seleccionable de 72 MHz)
- Nivel de Entrada -80 dBm a -65 dBm
- Impedancia de Entrada 50 Ω (conector N hembra)
con pérdidas por retorno mayores a 20 dB
- Frecuencia de Salida 140 \pm 36 MHz
- Impedancia de Salida 75 Ω (conector BNC hembra)
con pérdidas por retorno mayores a 23 dB
- Nivel de Salida -31 dBm (valor nominal)
- Estabilidad de Frecuencia del Sintetizador $\pm 5 \times 10^{-8}$ Hz/mes
- Característica de Amplitud/Frecuencia ± 0.5 dB
@ banda de 140 \pm 36 MHz

II. Estación Maestra Sección de Banda Base

1. MODEM SAC (Modulator/Demodulator Satellite Access Controller)

Características de Diseño

- Asignación dinámica de transmisión, empleando una asignación adaptable avanzada del tipo TDMA a través de un protocolo propietario de NEC.
- Corrección mejorada de errores (FEC), para reducir las potencias de transmisión de las estaciones terrenas y del satélite.
- Capacidad para soportar diversos tipos de protocolos de manera simultánea, con base en uno por puerto.
- Capacidad de carga del software de configuración para configurar la red de manera flexible y confiable.
- Transmisión opcional de voz en la banda asignada o para envío de trenes de datos sin agregar portadoras extra, mediante el empleo de una asignación permanente de ranuras de tiempo.
- Capacidad de selección del tipo de modulación entre BPSK y QPSK, para optimar el uso de los recursos satelitales.
- Velocidad variable de la tasa de transmisión de datos para las portadoras de *outbound* entre dos posibles opciones de 64 Kbps y 128 Kbps.

Interfase con el Usuario

- | | |
|--------------------------------|--|
| - No. de Puertos
(Seriales) | Mínimo 3 (por tarjeta)
Máximo 36 |
| · (LAN - Ethernet) | Solamente 1 |
| - Características por Tipo | - RS-232C (Estándar)
@ 50 bps - 19.2 Kbps (ASYNCR)
@ 1.2 Kbps- 19.2 Kbps (SYNCR)
- V.35 EIA-530 (Opcional)
@ 200 bps - 64 Kbps (SYNCR)
- AUI para IP Router (Opcional)
10 base 5 @ 10 Mbps
(IEEE 802.3) |

- Protocolos

X.25, SDLC, IEEE 802.3 y otros

- Características del Modulador

El modulador transmite de manera continua, multiplexando en el tiempo las ranuras de *outbound*, y utiliza un código convolucional codificado para la protección contra errores. Se puede seleccionar la modulación entre un tipo BPSK y otro QPSK.

- Modulación	BPSK, QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos (con FEC)	75 Kbaud @ BPSK 150 Kbaud @ QPSK
- Velocidad de Información (sin FEC)	64 Kbps ó 128 Kbps
- Tolerancia de Fase	$\pm 2.0^\circ$
- Nivel de Salida	0 a -10 dBm
- Precisión del Nivel de Salida	± 0.3 dB
- Tipo de Conector de Entrada/Salida	BNC (75 Ω)
- Relación de Portadora ON/OFF	30 dB
- Rango de Frecuencia de Salida	140 \pm 27 MHz
- Estabilidad	± 1 ppm
- Pasos de Frecuencia (para QPSK)	100 KHz
- Pérdidas por Retorno	20 dB
- FEC	Método Convolucional modificado.
- Separación de Frecuencia	100 KHz mínimo para QPSK (@ 64 Kbps).

- Características del Procesador de Demodulación Digital
(*Digital Demodulation Processor - DDP*)

El demodulador digital trabaja en modo de ráfaga mediante el método de Aloha Ranurado, y es adaptable a la longitud de las ranuras, dependiendo del tamaño del paquete transmitido.

- Tipo de Demodulación	BPSK, QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos (con FEC)	128 Kbaud @ BPSK 64 Kbaud @ QPSK
- Velocidad de Información (sin FEC)	64 Kbps
- Rango de Frecuencia de Entrada	140 MHz \pm 27 MHz
- Pasos de frecuencia	100 KHz
- Nivel de Entrada	-65 a -50 dBm
- Pérdidas por Retorno	20 dB
- Estabilidad en el Nivel de Ráfaga	15 dBm

- Espaciamiento Mínimo entre Canales	100 KHz @ QPSK 200 KHz @ BPSK
- Rango de Captura	± 2 KHz
- Estabilidad de Frecuencia de la Ráfaga	± 2 KHz
- FEC	Viterbi con K=8
- Ganancia del Código	5.8 dB @ BER = 10 ⁻⁶

2. SNMS Unix (*Satellite Network Management System Unix*)

El SNMS es un sistema de gestión de la red satelital basado en dos estaciones de trabajo SPARC (de Sun), bajo un ambiente Cliente-Servidor y una red LAN del tipo IEEE 802.3, cuyas características principales son:

a) Configuración de Hardware

• SNMS

- Estación de Trabajo Sun - SPARC 20
- 32 a 64 MByte de memoria en almacenamiento primario
- 500 a 2000 MByte de memoria en almacenamiento secundario
- Monitor de Color de Alta Resolución
- Unidad de cinta CGMT de 1/4"
- Unidad de CD-ROM
- Consola del Sistema, terminal tipo ASCII
- Impresora Serial
- Puerto Serial

• UMC/SMC

- Estación de Trabajo Sun - SPARC 20
- Monitor de Color de Alta Resolución

- 32 a 64 MByte de memoria en almacenamiento primario
- 500 a 1000 MByte de memoria en almacenamiento secundario
- Impresora Postscript

• LAN Gateway tipo CISCO Gateway Server

b) Requerimientos de Software

- Sistema Operativo SunOS 4.1.3U
- Base de Datos Relacional de tipo SQL, Empress DBMS
- X-Windows, X11
- Manejador de Ventanas OSF Motif

3. ADPCM-VOICE MODEM

• Características de Diseño

- Asignación dinámica de canales DAMA a través de un protocolo propietario de NEC.
- Corrección mejorada de errores (FEC), para reducir las potencias de transmisión de las estaciones terrenas y del satélite.
- Capacidad para soportar diversos tipos de condiciones de interfase con el usuario programables mediante un panel de operación.
- Capacidad de carga del software de configuración para configurar la red de manera flexible y confiable.
- Modulación QPSK, a una tasa de 35 Kbps para realizar un uso eficiente de los recursos satelitales.
- Modulación de la voz por impulsos codificados por adaptación diferencial (ADPCM) con un Codificador/Decodificador (CODEC) que cumple con la recomendación G.721 de la ITU-T.
- Cancelador de eco que cumple con los requerimientos de la recomendación G.165 de la ITU-T.
- Soporte para servicios de voz adicionales como Fax del grupo III o

comunicación de datos a una tasa de 4800 bps.

- Activación de la portadora por voz para ahorrar potencia del satélite.
- Los circuitos de voz se pueden expandir fácilmente debido a su construcción modular (*plug-in*)

Interfase con el Usuario

- No. de Circuitos de Voz

Mínimo 1 (por tarjeta)
Máximo 5 por gabinete

- Características por Tipo

Interfase a 2 hilos FXS o FXO
Conector RJ11
Interfase a 4 hilos E&M
Conector RJ45

Características del Modulador

El modulador transmite de manera casi continua, cuando transmite información de voz, y en ráfaga cuando transmite información de señalización para el control del canal de acuerdo al método DAMA.

- Modulación	QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos (con FEC)	32.5 Kbaud
- Velocidad de Información (sin FEC)	35 Kbps
- Tolerancia de Fase	$\pm 2.0^\circ$
- Nivel de Salida	+2dBm a -19 dBm
- Precisión del Nivel de Salida	± 0.3 dB
- Tipo de Conector de Entrada/Salida	BNC (50 Ω)
- Relación de Portadora ON/OFF	50 dB
- Rango de Frecuencia de Salida	140 \pm 27 MHz
- Estabilidad	5x10 ⁻⁹ /año (0 a 50°C)
- Pasos de Frecuencia	2.5 KHz
- Pérdidas por Retorno	20 dB
- FEC	R=1/2
- Separación de Frecuencia	50 KHz mínimo

· Características del Demodulador

El demodulador digital trabaja en modo casi continuo cuando transmite información de voz y en modo de ráfaga cuando recibe información de señalización propia del método de acceso DAMA.

· Tipo de Demodulación	QPSK
· Tasa de Transmisión de Datos (con FEC)	32.5 Kbaud
· Velocidad de Información (sin FEC)	35 Kbps
· Rango de Frecuencia de Entrada	140 MHz \pm 27 MHz
· Pasos de frecuencia	2.5 KHz
· Nivel de Entrada	-30 a -95 dBm
· Pérdidas por Retorno	20 dB
· Estabilidad en el Nivel de Ráfaga	15 dBm
· Espaciamiento Mínimo entre Canales	50 KHz
· Rango de Captura	\pm 2 KHz
· Estabilidad de Frecuencia de la Ráfaga	\pm 2 KHz
· FEC	R=1/2

4. Controlador Primario de DAMA (PDC - *Primary DAMA Controller*)

· Características de Diseño

- Manejo de todos los canales del satélite configurados
- Configuración totalmente redundante para garantizar 24 horas continuas de operación.
- Envío de comandos a través del CSC para la asignación y liberación de los canales satelitales.
- Comunicación con el SDC de cada abonado mediante el CSC.
- Habilita la división de los SDCs en un máximo de 8 grupos de manera tal que pueda compartirse la red entre varios usuarios.
- Verifica el estado de operación (en línea, fuera de línea y alarma) de cada SDC en la red.

5. Controlador Secundario de DAMA (SDC - *Secondary Dama Controller*)

La unidad SDC es un módulo (tarjeta) que se monta en el equipo de cada abonado (VOICE MODEM). Se debe conectar una unidad SDC por cada circuito de voz, o sea si se tiene un VOICE MODEM con 5 circuitos de voz, se tendrán entonces que montar 5 SDCs.

• Características de Diseño

- Transmisión del mensaje de solicitud de iniciación y terminación de llamada a través del CSC.
- Control de la selección de frecuencia para el MODEM asociado, como respuesta a los comandos de control del PDC.
- Conexión de llamadas a través de las terminales E&M o línea directa a 2 hilos.

6. Terminal del Operador (OPT - *Operator Terminal*)

La OPT es un sistema de procesamiento de propósito general que permite realizar la gestión de la red satelital de voz en conjunto con el PDC. Está basado en una computadora personal con plataforma 486 y sistema operativo MS-DOS.

• Características de Diseño

- Consola del sistema para la operación y mantenimiento del PDC
- Configuración inicial de la red y administración (altas, bajas y cambios de parámetros de operación de los nodos así como de la red completa).
- Monitoreo del estado de operación de cada nodo de la red.
- Liberación manual de los canales satelitales ocupados (realizada via un operador como función de mantenimiento).
- Despliegue de información relacionada con el establecimiento de llamadas ilegales.

a) Configuración de Hardware

• OPT

- Computadora Personal NEC con plataforma 486 a 25 MHz
- 4 MByte de memoria en almacenamiento primario
- 200 MByte de memoria en almacenamiento secundario

- Monitor de Color VGA
- Impresora con interfase centronics

b) Requerimientos para conexión al PDC

- Puerto Serial Asíncrono (COM1) a una velocidad de 4800 bps.

c) Requerimientos de Software

- Sistema Operativo MS-DOS Versión 5.0 o superior
- Programa de gestión de la Red DAMA-NEC Versión 3.0

7. CL-CH VR MODEM (SCPC)

El MODEM de canal transparente (CL-CH VR SAHM) de velocidad variable es una unidad compacta (de escritorio) que se emplea para proporcionar servicio de transmisión de datos punto a punto o en difusión (punto a multipunto), a través de un canal satelital continuo con tasas de transmisión variables en el rango de 9.6 Kbps hasta 2.048 Mbps, con base a un acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

- Características de Diseño

- Velocidad de transmisión de datos variable y transparente al protocolo (de aquí el calificativo *Clear-Channel*)
- Diversos tipos de interfase con el usuario (RS-449/422, V.35, RS-232C, y G.703)
- Corrección de Errores adelantada a la transmisión (FEC), con relaciones de 1/2, 3/4 ó 7/8.
- Resolución del sintetizador igual a 25 KHz.
- Posibilidad de conectar un sistema de monitoreo y control remoto, a través de un puerto RS-485 para este efecto.
- Configuración redundante opcional, mediante una unidad de conmutación completamente automática que requiere de un módem adicional de respaldo.

• Características Técnicas de la etapa de transmisión

- Frecuencia de Salida	140 ± 36 MHz
- Modulación	BPSK o QPSK (Tabla B.1)
- Tasa de información	Tabla B.1
- Tasa de símbolos	Tabla B.1
- Tasa de FEC	Tabla B.1
- Resolución del sintetizador	25 KHz
- Estabilidad de frecuencia	± 1x10 ⁻⁶ @ (0° C - 35° C) ± 1x10 ⁻⁶ @ periodo de 6 meses de -30 a 0 dBm en pasos de 0.1 dB
- Nivel de salida	Tabla B.1
- Espaciamiento mínimo entre canales	Scrambler síncrono cuando existen bits redundantes, se emplea el scrambler V.35 de acuerdo a la recomendación de la ITU-T cuando no se usan bits de redundancia.
- Dispersión del espectro	Portadora continua con -55 dBc
- Espurias	

• Características Técnicas de la etapa de recepción

- Frecuencia de entrada	140 ± 36 MHz.
- Nivel de entrada	-50 dBm + 10 log Tasa de info (Kbps)/64 dB ± 10 dB
- Tolerancia de nivel	Detección coherente
- Demodulación	25 KHz.
- Resolución del sintetizador	Tabla B.1
- Tasa de información	Tabla B.1
- FEC	± 40 KHz. a la frec. central
- Rango de captura de portadora	Tabla B.2
- Tasa de error de bit	Tabla B.3
- Interfase de datos	

2000	2.000 x 10 ¹⁰	GPK Continuo	General	170	140	130	mayor e la tasa de símbolo x 1.4
1000	1.000 x 10 ¹⁰		R=10	1007	1000	911	
1000	1.000 x 10 ¹⁰		δ	1000	1000	900	
700	700 x 10 ¹⁰		R=20	610	600	480	
612	610 x 10 ¹⁰		δ	600	300	310	
300	300 x 10 ¹⁰		R=70	410	270	300	
200	200 x 10 ¹⁰			270	140	100	
200	200 x 10 ¹⁰			200	140	107	
100	100 x 10 ¹⁰			200	137	117	
120	120 x 10 ¹⁰			GPK	137	01	
110	110 x 10 ¹⁰			110	00	-	
64	64 x 10 ¹⁰	GPK/GPK Continuo		10700.3	-	-	60 10%
60	60 x 10 ¹⁰			11000.7	-	-	
40	40 x 10 ¹⁰	GPK Continuo	General	100.4	-	-	
30	30 x 10 ¹⁰		R=10	60.3	-	-	
10.2	10.2 x 10 ¹⁰			40.00	-	-	
0.0	0.0 x 10 ¹⁰					-	

Tabla B.1 Lista de características del SADM de velocidad variable

0.0 Mbps	10 ⁰	4.0	-	-
	10 ¹	4.0	-	-
	10 ²	4.0	-	-
64 Mbps	10 ⁰	4.0	0.7	-
	10 ¹	0.0	0.3	-
	10 ²	0.0	0.0	-
2048 Mbps	10 ⁰	0.0	0.3	7.3
	10 ¹	0.0	0.7	7.7
	10 ²	0.0	7.3	0.3

Tabla B.2 Tabla de BER garantizado

Notas:

- 1) Las cifras anteriores se consiguieron con un *loop-back* de FI sin activar el *scrambler/descrambler*.
- 2) El valor garantizado de Eb/No es mayor por 0.3 sobre las cifras de la tabla B.2, con el *scrambler/descrambler* activo.

2,048			X	X		X
1,536			X		X	
1,024			X			
768			X			
512			X			
384			X			
288		X	X			
224		X	X			
168		X	X			
120		X	X			
96		X	X			
72		X	X			
54		X	X			
40		X	X			
32		X	X			
19.2	X	X	X			
9.6	X	X	X			

Tabla B.3

8. Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC

El paquete de videoconferencia de la serie AD, ofrece una solución versátil para los sistemas de comunicación audiovisual. Su diseño tiene como base al CODEC TC5000EX de NEC, el cual proporciona la transmisión de video, audio y señales de datos sobre líneas de transmisión desde 64 Kbps hasta 2.048 Mbps. La serie AD incluye equipo con una avanzada compresión digital basada en la recomendación H.320 de la ITU-T.

Características de Diseño

- Compatible con los estándares de la recomendación H.320 de la ITU-T.

- Velocidades de transmisión programables en el rango de los 64 Kbps hasta los 2.048 Mbps.
- Formatos de acuerdo a la recomendación CIF/QCIF de la ITU-T más dos modos propietarios que incrementan la calidad del video para tasas de transmisión bajas (de 112 Kbps hasta 384 Kbps).
- Menú en pantalla para el ajuste y operación a través de un control remoto inalámbrico.
- Apuntador "sobre pantalla" para indicación.
- Compatible con los formatos NTSC y PAL.
- Seis ajustes programables de la cámara activados por voz.
- Nueve posiciones pre-ajustables para la cámara.
- Control de la cámara del extremo remoto.
- Sistema de codificación de audio a 7 KHz de alta calidad con cancelador de eco integrado.
- Dos puertos de baja velocidad más un puerto de alta velocidad para aplicaciones diversas.

a) Características técnicas del Sistema general

- | | |
|-------------------------|--|
| - Modelo | AD31EX |
| - Tasa de transmisión | 64/64 Kbps - 2.048 Mbps |
| - Interfaz de red | E1, T1, RS-449/422, V.35
(otro bajo pedido) |
| - Codificación de video | Res. ITU-T H.261 y propietaria de NEC |
| - Operación | Control remoto inalámbrico |
| - Control de la cámara | Zoom/foco, detección de voz, movimientos programados, control de la cámara en el extremo remoto. |
| - Conexiones auxiliares | Cámara documental, VCR, |

panel de escritura eléctrica y
mezclador para el micrófono

b) Características técnicas de la sección de Video

- Formato NTSC o PAL, (al momento de hacer el pedido)
- Resolución CIF; 288x352, QCIF; 144x176, NEC; 240x240 (líneas x pixels)
- Retención de imagen Rec. ITU-T H.261 675x706
- Movimiento doble Opción
- Tipo de cámara Auto foco o foco manual
- Tamaño de la pantalla 14 pulgadas

c) Características de la sección de Audio

- Control del eco Cancelador de eco a 7 KHz
- Método de codificación Ancho de banda de 7 KHz; SB-ADPCM, (Rec. ITU-T G.722), Ancho de banda de 3.4 KHz; ley A/ μ (Rec. ITU-T G.711). Opción: ADPCM (Rec. ITU-T G.721), LD-CELP (Rec. ITU-T G.728).
- Micrófono 1 (hasta 6 opcionales)

III Estaciones VSAT
Sección de Radio Frecuencia

I. Antena de Apertura Parabólica Tipo Offset
(Marca Prodelin)

Características

Eléctricas

- Diámetro 1.8 m

• Diámetro	1.8 m
• Frecuencias de Operación	
- Recepción	11.7 a 12.2 GHz
- Transmisión	14.0 a 14.5 GHz
• Ganancia a la mitad de la banda	
- Recepción	45.0 dBi ± 2 dB
- Transmisión	46.5 dBi ± 2 dB
• Envoltorio del Lóbulo Laterales	
Lóbulo Principal $\phi < 7^\circ$	29 - 25 Log ϕ
$7^\circ < \phi < 9.2^\circ$	+ 8
$9.2^\circ < \phi < 4.8^\circ$	32 - 25 Log ϕ
$4.8^\circ < \phi < 180^\circ$	-10
• Aislamiento en Polarización Cruzada	> 30 dB por eje
• VSWR	1.3 : 1 Máximo
• Temperatura de Ruido	
@ 20° de Elevación	230K
@ 30° de Elevación	190K
• Interfase para Radio Frecuencia	ODU marca NEC modelo NEXTAR III

Mecánicas

• Material del Reflector	Fibra de Vidrio Reforzada con Poliéster SMC.
• Optica de la Antena	Offset
• Tipo de Montura	Elevación sobre Azimut
• Rango de Ajuste en Elevación	10° a 70°, con Ajuste Fino de Forma Continua
• Rango de Ajuste en Azimut	360° en Forma Continua

· Carga por Viento	
- Operacional	80.5 km/h
- Supervivencia	201.0 km/h
· Temperatura	
- Operacional	-4.5° C a 49° C
- Supervivencia	-10° C a 71° C
· Lluvia	
- Operacional	1.27 cm/hr
- Supervivencia	5.00 cm/hr
· Hielo (nieve) Supervivencia	1.27 cm Radial
· Condiciones Atmosféricas	Resistente a salinidad, corrosión y contaminación características de las áreas costeras e industriales.
· Radiación Solar (incidente)	360 BTU/H/FT

2. Unidad de Radio Frecuencia (Outdoor Unit - ODU)

Características

a) Sección de Transmisión

· Frecuencia de Entrada	180 ± 20 MHz
· Frecuencia de Salida	14.0 a 14.5 GHz
· Nivel de Entrada	+2 a -12 dBm
· Impedancia de Entrada	50 Ω, desbalanceada
· Potencia de Salida Máxima	2 W
· Rango de Ajuste del nivel de Salida (pasos de 0.5 dB)	+16 dBm a +33 dBm
· Estabilidad en el Nivel de Potencia	± 1 dB a una potencia de salida máxima sobre un rango de temperatura de -40° C a +55° C

• Rango AGC 30 dB

b) Sección de Recepción

• Frecuencia de Entrada 10.95 a 12.75 GHz (véase la Tabla 1)

• Frecuencia de Salida 0.95 a 1.7 GHz (véase la Tabla 1)

• Impedancia de Salida 50 Ω desbalanceada

• Ganancia 66 dB (típica)

• Temperatura de Ruido 140 K o menos @ 25° C (véase la Tabla 1)

• Estabilidad de Frecuencia Dentro del Rango \pm 55 KHz de -40° C a +55° C

Las señales que maneja el ODU para comunicarse con el IDU así como las señales de datos, ocupan las frecuencias tal como aparece en la Fig. B.1

3. Cable de IFL
(InterFacility Link - IFL)

• Frecuencia de Operación 0 a 1.45 GHz

• Resistencia en lazo (Conductor Int. + Conductor Ext.) 0 a 1.46 Ω

• Pérdidas

@ 26.88 MHz	0 a 4.5 dB
@ 160 - 200 MHz	0 a 8 dB
@ 0.95 - 1.45 GHz	0 a 30 dB

Las frecuencias de las señales que maneja el ODU a través del cable IFL, para comunicarse con el IDU así como las señales de datos, se ilustran en la Fig. B.1

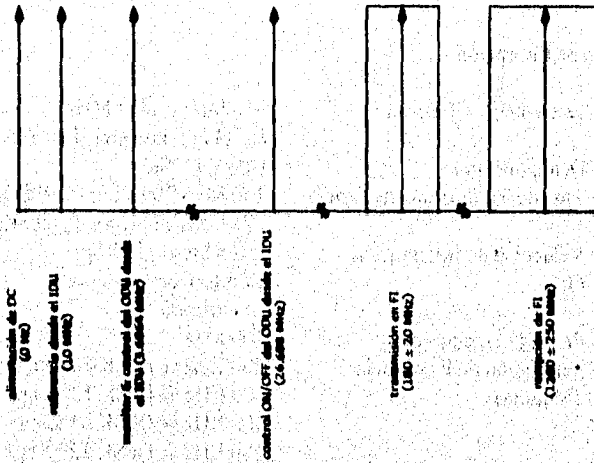


Figura B.1 Señalización entre ODU e IDU

IV Estaciones VSAT Sección de Banda Base

1. Advanced AA/TDMA IDU (BBP) (Advanced Adaptive Assignment Time Division Multiple Access InDoor Unit - Base Band Processor)

Sección de Transmisión

- Frecuencia de Salida 180 ± 20 MHz
- Modulación BPSK, QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos 128 Kbps @ BPSK
64 Kbps @ QPSK
- Velocidad de Información 64 Kbps, en ráfaga
- FEC Código Convolutivo
- Pasos de Frecuencia 100 KHz

- Separación de Frecuencia 200 KHz @ BPSK
 (Mínima) 100 KHz @ QPSK
- Estabilidad de Frecuencia 5x10⁻⁸ @ 0° C - 40° C

- Nivel de Salida -3 dBm a +2dBm

• Sección de Recepción

- Frecuencia de Entrada 950 MHz a 1450 MHz
(en el interfase con el ODU)

- Demodulación BPSK, QPSK

- Tasa de Transmisión de Datos 150 Kbps/300 Kbps @ BPSK
75 Kbps/150 Kbps @ QPSK

- Velocidad de Información 64 Kbps ó 128 Kbps

- FEC Código Convencional Modificado

- Paso de Frecuencia 100 KHz

- Separación de Frecuencia (Mínima) 200 KHz @ BPSK/64 Kbps
400 KHz @ BPSK/128 Kbps
100 KHz @ QPSK/64 Kbps
200 KHz @ QPSK/128 Kbps

- Tasa Típica de BER (Lazo Satelital)

Eb/No (dB)	BER
4.0	10 ⁻⁵
4.0	10 ⁻⁶
4.0	10 ⁻⁷

• Interfase con el Usuario

- No. de Puertos Mínimo 2 (Estándar)
Máximo 4 (sin expansión)
Máximo 16 (con expansión)

- Tipo

- RS-232C (Estándar)
 - @ 50 bps - 19.2 Kbps (ASYNC)
 - @ 1.2 Kbps- 19.2 Kbps (SYNC)
- V.35 EIA-530 (Opcional)
 - @ 200 bps - 64 Kbps (SYNC)
- AUI para IP Router (Opcional)
 - 10 base 5 @ 10 Mbps (IEEE 802.3)

- Protocolos X.25, SDLC, IEEE 802.3 y otros

- Consumo de Potencia Máximo 240 VA (con ODU)

- Dimensión y Peso

- Dimensión (mm) 360 (An) x 275 (P) x 85 (Al)
- Peso Menor a 7 Kg

- Condiciones Ambientales
 - Temperatura 0° C a 40° C (operación)
 - Humedad Relativa Mayor a 95 %
- Video Puerto de Recepción con Video analógico 0.95 a 1.45 GHz

2. ADPCM-VOICE IDU NEXTAR IV

- Características de Diseño
 - Asignación dinámica de canales DAMA a través de un protocolo propietario de NEC.
 - Corrección mejorada de errores (FEC), para reducir las potencias de transmisión de las estaciones terrenas y del satélite.
 - Capacidad para soportar diversos tipos de condiciones de interfase con el usuario programables mediante un panel de operación.
 - Capacidad de carga del software de configuración para configurar la red de manera flexible y confiable.
 - Modulación QPSK, a una tasa de 35 Kbps para realizar un uso eficiente de los recursos satelitales.
 - Modulación de la voz por impulsos codificados por adaptación diferencial (ADPCM) con un Codificador/Decodificador (CODEC) que cumple con la recomendación G.721 de la ITU-T.
 - Cancelador de eco que cumple con los requerimientos de la recomendación G.165 de la ITU-T.
 - Soporte para servicios de voz adicionales como Fax del grupo III o comunicación de datos a una tasa de 4800 bps.
 - Activación de la portadora por voz para ahorrar potencia del satélite.

- Los circuitos de voz se pueden expandir fácilmente debido a su construcción modular (*plug-in*)

• Interfaz con el Usuario

- No. de Circuitos de Voz

Mínimo 1 (por tarjeta)
Máximo 5 por gabinete

- Características por Tipo

Interfaz a 2 hilos FXS o FXO
Conector RJ11
Interfaz a 4 hilos E&M
Conector RJ45

• Características del Modulador

El modulador transmite de manera casi continua, cuando transmite información de voz, y en ráfaga cuando transmite información de señalización para el control del canal de acuerdo al método DAMA.

- Modulación QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos (con FEC) 32.5 Kbaud
- Velocidad de Información (sin FEC) 35 Kbps
- Tolerancia de Fase $\pm 2.0^\circ$
- Nivel de Salida +2dBm a -19 dBm
- Precisión del Nivel de Salida ± 0.3 dB
- Tipo de Conector de Entrada/Salida N (50 Ω)
- Relación de Portadora ON/OFF 50 dB
- Rango de Frecuencia de Salida 180 \pm 20 MHz
- Estabilidad 5×10^{-9} /año (0 a 50°C)
- Pasos de Frecuencia 2.5 KHz

- Pérdidas por Retorno 20 dB
- FEC R=1/2
- Separación de Frecuencia 50 KHz mínimo

• Características del Demodulador

El demodulador digital trabaja en modo casi continuo cuando transmite información de voz y en modo de ráfaga cuando recibe información de señalización propia del método de acceso DAMA.

- Tipo de Demodulación	QPSK
- Tasa de Transmisión de Datos (con FEC)	32.5 Kbaud
- Velocidad de Información (sin FEC)	35 Kbps
- Rango de Frecuencia de Entrada	1200 MHz \pm 250 MHz
- Pasos de frecuencia	2.5 KHz
- Nivel de Entrada	-30 a -95 dBm
- Pérdidas por Retorno	20 dB
- Estabilidad en el Nivel de Ráfaga	15 dBm
- Espaciamiento Mínimo entre Canales	50 KHz
- Rango de Captura	\pm 2 KHz
- Estabilidad de Frecuencia de la Ráfaga	\pm 2 KHz
- FEC	R=1/2

3. Controlador Secundario de DAMA (SDC - *Secondary Dama Controller*)

La unidad SDC es un módulo (tarjeta) que se monta en el equipo de cada abonado (VOICE IDU). Se debe conectar una unidad SDC por cada circuito de voz, o sea si se tiene un VOICE IDU con 5 circuitos de voz, se tendrán entonces que montar 5 SDCs.

• Características de Diseño

- Transmisión del mensaje de solicitud de iniciación y terminación de llamada a través del CSC.
- Control de la selección de frecuencia para el MODEM asociado, como respuesta a los comandos de control del PDC.
- Conexión de llamadas a través de las terminales EAM o línea directa a 2 hilos.

4. CL-CH VR IDU NEXTAR IV (SCPC)

El IDU de canal transparente (CL-CH VR NEXTAR IV) de velocidad variable es una unidad compacta (de escritorio) que se emplea para proporcionar servicio de transmisión de datos punto a punto o en difusión (punto a multipunto), a través de un canal satelital continuo con tasas de transmisión variables en el rango de 9.6 Kbps hasta 2.048 Mbps, con base a un acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Características de Diseño

- Velocidad de transmisión de datos variable y transparente al protocolo (de aquí el calificativo *Cleat-Channel*)
- Cobertura total sobre el ancho de banda completo del satélite (500 Mhz) en transmisión y recepción.
- Diversos tipos de interfase con el usuario (RS-449/422, V.35, RS-232C, y G.703)
- Corrección de Errores adelantada a la transmisión (FEC), con relaciones de 1/2, 3/4 ó 7/8.
- Resolución del sintetizador igual a 25 KHz.
- Posibilidad de conectar un sistema de monitoreo y control remoto , a través de un puerto RS-485 para este efecto.

Características Técnicas de la etapa de transmisión

- | | |
|--------------------------------------|--|
| - Frecuencia de Salida | 180 ± 20 Mhz |
| - Modulación | BPSK o QPSK (Tabla B.1) |
| - Tasa de información | Tabla B.1 |
| - Tasa de símbolos | Tabla B.1 |
| - Tasa de FEC | Tabla B.1 |
| - Resolución del sintetizador | 25 KHz |
| - Estabilidad de frecuencia | ± 2.5x10-7 @ (0 ^o C - 35 ^o C)
± 2.5x10-7
@ periodo de 6 meses |
| - Nivel de salida | 0 dBm valor nominal |
| - Espaciamiento mínimo entre canales | Tabla B.1 |
| - Dispersión del espectro | Scrambler síncrono cuando existen bits redundantes, se emplea el scrambler V.35 de acuerdo a la recomendación de la ITU-T cuando no se usan bits de redundancia. |

• Características Técnicas de la etapa de recepción

- Frecuencia de entrada	1200 ± 250 MHz.
- Nivel de entrada	-76.5 dBm + 10 log Tasa de info (Kbps)/64 dB
- Tolerancia de nivel	± 15 dB
- Demodulación	Detección coherente
- Resolución del sintetizador	25 KHz.
- Tasa de información	Tabla B.1
- FEC	Tabla B.1
- Rango de captura de portadora	± 40 KHz. a la frec. central
- Tasa de error de bit	Tabla B.4
- Interfase de datos	Tabla B.4

0.0 - 10.2	R = 1/2	4.2	4.8	4.9
32 - 40	R = 1/2	4.4	4.8	6.2
60 - 64 (QPSK)	R = 1/2	4.6	6.0	6.3
80 - 64 (QPSK)	R = 1/2	4.8	6.2	6.6
112 - 120	R = 1/2	5.0	6.4	6.9
180 - 200	R = 1/2	5.2	6.6	6.1
180 - 224	R = 3/4	5.6	6.6	7.0
304 - 512	R = 1/2	5.4	6.9	6.3
288 - 512	R = 3/4	6.0	6.6	7.1
768	R = 1/2	6.6	6.9	6.5
768	R = 3/4	6.1	6.6	7.2
1830 - 2048	R = 1/2	6.0	6.2	6.9
1830 - 2048	R = 3/4	6.2	6.7	7.3

Tabla B.4

5. Paquete de Videoconferencia de la serie AD de NEC

El paquete de videoconferencia de la serie AD, ofrece una solución versátil para los sistemas de comunicación audiovisual. Su diseño tiene como base al CODEC TC5000EX de NEC, el cual proporciona la transmisión de video, audio y señales de datos sobre líneas de transmisión desde 64 Kbps hasta 2.048 Mbps. La serie AD incluye equipo con una avanzada compresión digital basada en la recomendación H.320 de la ITU-T. Como podremos observar a continuación, las especificaciones del equipo son las mismas que para

el equipo utilizado en la estación maestra, ya que la conexión se realiza a nivel de banda base (interfase RS-449/422), o sea se trata del mismo sistema.

· Características de Diseño

- Compatible con los estándares de la recomendación H.320 de la ITU-T.
- Velocidades de transmisión programables en el rango de los 64 Kbps hasta los 2.048 Mbps.
- Formatos de acuerdo a la recomendación CIF/QCIF de la ITU-T más dos modos propietarios que incrementan la calidad del video para tasas de transmisión bajas (de 112 Kbps hasta 384 Kbps).
- Menú en pantalla para el ajuste y operación a través de un control remoto inalámbrico.
- Apuntador "sobre pantalla" para indicación.
- Compatible con los formatos NTSC y PAL.
- Seis ajustes programables de la cámara activados por voz.
- Nueve posiciones pre-ajustables para la cámara.
- Control de la cámara del extremo remoto.
- Sistema de codificación de audio a 7 KHz de alta calidad con cancelador de eco integrado.
- Dos puertos de baja velocidad más un puerto de alta velocidad para aplicaciones diversas.

de

a) Características técnicas del Sistema general

- | | |
|-------------------------|--|
| - Modelo | AD31EX |
| - Tasa de transmisión | 56/64 Kbps - 2.048 Mbps |
| - Interfase de red | E1, T1, RS-449/422, V.35
(otro bajo pedido) |
| - Codificación de video | Rec. ITU-T H.261 y propietaria
de NEC |

- Operación
- Control de la cámara

Control remoto inalámbrico
Zoom/foco, detección de voz,
movimientos programados,
control de la cámara en el
extremo remoto.

- Conexiones auxiliares

Cámara documental, VCR,
panel de escritura eléctrica y
mezclador para el micrófono

b) Características técnicas de la sección de Video

- Formato
- Resolución
- Retención de imagen
- Movimiento doble
- Tipo de cámara
- Tamaño de la pantalla

NTSC o PAL (al momento de
hacer el pedido)
CIF; 288x352, QCIF; 144x176,
NEC; 240x240 (líneas x pixels)
Rec. ITU-T H.261
Anexo D; 675x706.
Opción
Auto foco o foco manual
14 pulgadas

c) Características de la sección de Audio

- Control del eco
- Método de codificación

Cancelador de eco a 7 KHz
Ancho de banda de 7 KHz;
SB-ADPCM, (Rec. ITU-T
G.722), Ancho de banda de
3.4 KHz; ley A/μ (Rec. ITU-T
G.711).
Opción: ADPCM (Rec. ITU-T
G.721), LD-CELP (Rec. ITU-T
G.728).

- Micrófono

1 (hasta 6 opcionales)

Referencias

- [1] Abe, Hiroyuki. "Compound Semiconductor Transistors and MMICs for Low-Power Consumption Applications". NEC Research & Development No. 1, Vol 36. Tokyo, Japan, 1995.
- [2] Alabau, A. *Teleinformática y Redes de Computadores*. 2a Edición, México, D.F.: Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V., 1991
- [3] Black Uyless. *Redes de Computadoras Protocolos, Normas e Interfaces*. México, D.F.: Macrobit Editores, S.A. de C.V., 1990.
- [4] Everett, John. *VSATs very small aperture terminals*. Stevenage, Herts: Peter Peregrinus Ltd., 1992.
- [5] Feher, Kamilo. *Advanced Digital Communications Systems and Signal Processing Techniques*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1987
- [6] Freeman, Roger L. *Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones*. México, D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V., 1989.
- [7] Gagliardi, Robert M. *Satellite Communications*. 2a. Edición, New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [8] Gedney, Richard T. "Advanced Communications Technology Satellite (ACTS)". NASA Lewis Research Center Cleveland Ohio, 1989.
- [9] Haga, Isao. "Communication Terminal Equipment for SCPC Network VSAT System". NEC Research & Development No. 89. Tokyo, Japan, 1988.
- [10] Haga, Isao. "NEXTAR Mini Earth Station System". NEC Research & Development No. 89. Tokyo, Japan, 1988.
- [11] Horstein, Michael. "A Satellite System Architecture for Single-Hop VSAT Networks". Collect Tech Pap AIAA 12th International Communication Satellite Systems Conference 1988.
- [12] Jorasch, Ronald E. "Advanced Satellite System Architecture for VSATs with ISDN Compatibility". Ford Aerospace Corporation, 1988.

- [13] Medina, Patricio. *Manual de Capacitación Para la Operación y Mantenimiento de la Red Satelital del Grupo Financiero Inverlat*. México, D.F.: NEC de México S.A. de C.V., 1995
- [14] Medina, Patricio. *Manual de Capacitación Para la Operación y Mantenimiento de la Red Satelital NEXTAR IV de TELMEX*. México, D.F.: NEC de México S.A. de C.V., 1995
- [15] Medina, Patricio. *Red Satelital NEXTAR IV Para Banamex*. Seminario México, D.F.: NEC de México S.A. de C.V., 1995
- [16] Miller, Mark A. *Troubleshooting TCP/IP Analyzing the Protocols of the Internet*. San Mateo, CA.: M&T Publishing, Inc., 1992
- [17] *Operation & Maintenance Handbook For 15 W Ku Solid State Power Amplifier*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [18] *Operation & Maintenance Handbook For AD Series Videoconferencing Package Systeme*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [19] *Operation & Maintenance Handbook For Advanced AA/TDMA IDU*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [20] *Operation & Maintenance Handbook For B3876L Down Converter*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [21] *Operation & Maintenance Handbook For B3894B Up Converter*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [22] *Operation & Maintenance Handbook For B8070B Pilot Oscillator*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [23] *Operation & Maintenance Handbook For C9396I Ku Low Noise Converter Subsystem*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [24] *Operation & Maintenance Handbook For D6702F RF Unit (ODU)*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [25] *Operation & Maintenance Handbook For D7460A Voice Modem*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.

- [26] *Operation & Maintenance Handbook For D7469A CSC Modem*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [27] *Operation & Maintenance Handbook For D8920A Modem/SAC Unit*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [28] *Operation & Maintenance Handbook For Primary DAMA Controller*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [29] *Operation & Maintenance Handbook For SCPC CLVR IDU*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [30] *Operation & Maintenance Handbook For SCPC CLVR SAHM*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [31] *Operation & Maintenance Handbook For Voice IDU*. Tokio, Japón: NEC Corporation, 1995.
- [32] Proakis, John G. *Digital Communications*. 2nd Edition, New York, NY: McGraw-Hill, Book Co., 1989.
- [33] Rash, Polly. "An Introduction to VSATs and the Use of Receive-Only Video on a Two Way Data Network. The Impact of VSATs on Video Teleconferencing". IEEE Eascon, 1988.
- [34] Rorabaugh, C. Britton. *Communications Formulas & Algorithms For Systems Analysis & Design*. New York, NY: McGraw-Hill, Inc., 1990.
- [35] Rowse, William. "A combined Video and Synchronous VSAT Data Network". Collect Tech Pap AIAA 12th International Communication Satellite Systems Conference 1988.
- [36] Sharifi, M. Hossein. "Design and Operational Issues of VSAT Application in ISDN-Type Networks". IEEE J. Sel. Areas Communications, 1988.
- [37] T., Tri Ha. "Aloha VSAT Networks With Data Link Controls". IEEE International Conference Communications, 1988.
- [38] T., Tri Ha. "Personal Computer Communications Via VSAT Networks". IEEE J. Sel. Areas Communications, 1988.
- [39] Tamagawa, Susumu. "VSAT Terminal Equipment". NEC Research & Development No. 89. Tokyo, Japan, 1988.

- [40] Teshigawara, Hideki. "AA/TDMA (Adaptive Assignment TDMA for the VSAT Networks)". NEC Research & Development No. 89. Tokyo, Japan, 1988.
- [41] Webb, P. "Network Design Using Very Small Aperture Terminals (VSAT's)". Collect Tech Pap AIAA 12th International Communication Satellite Systems Conference 1987.