



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

"ANALISIS DE LA CONSTRUCCION E
INTEGRACION DEL SISTEMA DE CONTROL
SUPERVISORIO Y ADQUISICION DE DATOS
(SCADA) PARA LA AUTOMATIZACION DE LA RED
NACIONAL DE GASODUCTOS Y LPG DUCTOS DE
PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(AREA ELECTRICA - ELECTRONICA)
P R E S E N T A :
VICTORIA ALICIA VEGA MEZA

ASESOR: M. EN I. LEOPOLDO A. GONZALEZ GONZALEZ



SAN JUAN DE ARAGON, EDO. MEX.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

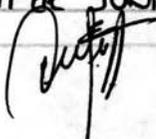
A MIS PADRES

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: VICTORIA AUCIA

VEGA MEZA

FECHA: 11 de Junio del 2004

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Dios, te agradezco la oportunidad que me has dado al concluir este trabajo, porque aprendí a no rendirme y a creer en mi misma.

Mamá, gracias por el cariño, apoyo y paciencia que me has dado a lo largo de mi carrera y sobre todo a lo largo de toda mi vida, porque gracias a ti y a tu dedicación he llegado a donde estoy ahora.

A mis hermanos: **Paco**, **Nena** y **Roy**, les dedico este trabajo y quiero agradecerles su ayuda incondicional que siempre me han brindado, por ayudarme a ser mejor persona cada día y por quererme tanto como los quiero yo.

A **Karina**, sabes cuanto agradezco tu apoyo, en los buenos y malos momentos; por crecer, soñar conmigo y hacer que las cosas se hagan realidad.

A mis sobrinas: **Karen**, **Cynthia** y la **bebé**, gracias por su cariño y por divertirse conmigo, porque sé que se sentirán orgullosas de su tía que las ama.

Al **Maestro Leopoldo**, gracias por la atención, la dedicación y el apoyo que me brindaste para la realización de este trabajo.

Al **Ing. Pineda**, por la ayuda que me brindó en todo momento en que lo necesité.

A **José Luis** y a **PEMEX**, gracias por las facilidades que me dieron, para la realización de este trabajo.

A mis **grandes amigos....** Gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
1.1 Introducción	2
1.2 El satélite	2
1.2.1 Figura de mérito de la estación terrena	3
1.2.2 Bandas de frecuencia de operación	5
1.2.3 Definición del servicio	6
1.3 Principales componentes de un sistema de telecomunicaciones por satélite	7
1.3.1 El segmento Espacial	8
1.3.2 El segmento Terrestre	8
1.4 Esquemas de modulación-demodulación	9
1.4.1 Modulación en amplitud con doble banda lateral	10
1.4.2 modulación en amplitud de banda lateral vestigial	10
1.4.3 Modulación en cambio de frecuencia	11
1.4.4 Modulación en fase	11
1.5 Transmisión digital	12
1.5.1 Bases de la modulación por código de pulso (PCM)	13
1.5.2 Onda modulada por amplitud de pulso	14
1.5.3 Cuantización	15
1.5.4 El concepto de trama	16
1.5.5 Circunstancias para una transmisión digital por radio enlace	17
1.6 Acceso Múltiple de un satélite	18
1.6.1 Acceso Múltiple por división de código	19
1.6.2 Acceso Múltiple por asignación de demanda	19
1.6.3 Acceso Múltiple por división de frecuencia	19
1.6.4 Acceso Múltiple por división de tiempo	20
CAPÍTULO 2 PROYECTO SCADA	23
2.1 Objetivos y alcances	24
2.2 Servicio	25
2.3 Infraestructura	27
2.4 Implementación	28
2.4.1 Subsistema de Radio UHF Punto-Multipunto	28
2.4.1.1 Estudio de enlace Radioeléctrico	29
2.4.2 Subsistema Múltiple	29

2.4.3 Subsistema Vía Satélite	31
2.5 Diseño del Sistema	32
2.5.1 Sistema Vsat	32
2.5.2 Operación del Transponder Vsat	33
2.5.3 Terminales Vsat	34
2.5.4 Terminales Usat	35
CAPÍTULO 3 EL SATÉLITE	36
3.1 Ingeniería de Detalle	37
3.1.1 Lineamientos	37
3.2 Sistema Satmex 5	38
3.2.1 Beneficios del Satmex 5	38
3.2.2 Características del Satmex 5	39
3.2.3 Huellas Satelitales	40
3.2.4 Estaciones terrenas en la República Mexicana	40
3.3 Asignación de Frecuencias	42
3.4 Parámetros del Enlace	42
3.4.1 Ruido	42
3.4.2 Temperatura de Ruido	43
3.4.3 Relación Portadora Sobre Ruido	44
3.4.4 Corrección Directa de Errores (FEC)	44
3.4.5 Polarización de la Onda	46
CAPÍTULO 4 FORMATOS DE ENLACE	47
4.1 Sistema de Red para el Satélite Integrado	48
4.2 Ruta de Salida	48
4.2.1 Formato de la Ruta de Salida	48
4.2.2 Tipos de Ruta de Salida	50
4.2.3 Formato de la trama y supertrama de la ruta de salida	50
4.2.4 Mensajes de Supervisión	51
4.2.5 Flujo	52
4.2.6 Tiempo no-real	52
4.3 Ruta de entrada	53
4.3.1 Formato de la ruta de entrada	53
4.3.2 Formato de la trama	54
4.3.3 Flujo Radial	56
4.3.4 Flujo	56
4.3.5 Reservación de la Transacción	59
CAPÍTULO 5 ESTACIÓN PERSONAL TERRENA	61

5.1 Estación Personal Terrena	62
5.1.1 Subsistemas PES	63
5.2 Acceso al Enlace Espacial	64
5.2.1 Organización del Enlace Espacial	64
5.2.2 Conectividad Portuaria	65
5.3 Acceso al Transponder	66
5.3.1 Acceso Aleatorio Aloha	66
5.3.2 Aloha Ranurado	67
5.3.3 Reservación Aloha	67
5.3.4 Control Aloha	67
5.4 Compatibilidad de los grupos de la ruta de entrada	69
CAPÍTULO 6 ESTACIÓN MAESTRA	71
6.1 Estación Satelital Central	72
6.2 Criterios para el diseño del enlace satelital	75
6.2.1 Elementos del enlace ascendente	75
6.2.2 Elementos del enlace descendente	76
6.2.3 Parámetros de desempeño en el enlace	76
6.3 Tiempo de respuesta general en la red TDM/TDMA PES	78
6.4 Cálculo de enlace	80
6.4.1 Análisis de Radio Enlace	82
6.4.2 Cálculo de apuntamiento	83
6.4.3 Ángulo de Azimuth	83
6.4.4 Ángulo de elevación	84
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	86
GLOSARIO	90
BIBLIOGRAFÍA	99

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Como parte del Plan Nacional de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía, y de la inminente necesidad de enfrentar un mercado cada vez más competitivo en el manejo del gas natural y gas LPG, se crea la obligación de implantar nuevas medidas en la forma de obtener y mantener las instalaciones que forman la red nacional de gasoductos y LPG ductos.

Se requiere por lo tanto, de modernizar la automatización de la Red Nacional de Gasoductos y LPG ductos de Pemex Gas y Petroquímica Básica. Dichos trabajos serán realizados observando las normas de seguridad industrial, aseguramiento de calidad, soporte técnico, construcción, instalación, puesta en operación, integración y estabilización de los Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos "Supervisory Control and Data Acquisition" (SCADA), así como la Automatización y el manejo de las Telecomunicaciones de una manera funcional.

SCADA es la tecnología que se utiliza para recolectar datos, ya sea de una o varias instalaciones que se encuentren distantes y/o enviar instrucciones de control SCADA a las instalaciones remotas, lo cual hace posible que un usuario no permanezca en un sitio remoto.

Un sistema SCADA facilita a un operador controlar desde un sitio central, un proceso de control distribuido, tal como un sistema de petróleo o gas, sistema de tubería, un complejo de generación hidroeléctrica, también puede realizar en forma distante cambio de controladores de proceso, abrir o cerrar válvulas o switches, monitoreo de alarmas, y recabar información del monitoreo de operación de los sistemas.

Cuando la ubicación de una instalación se encuentra a cientos o miles de kilómetros, pueden apreciarse los beneficios en términos de reducción de costos de las visitas de rutina.

La tecnología SCADA es la mejor aplicación para procesos que requieren intervención frecuente, regular o inmediata, y que están difundidos sobre áreas extensas, además son relativamente simples de controlar y monitorear.

Por lo que la propuesta del presente trabajo es aplicar el SCADA a través del sistema satelital, para polear cada Unidad Terminal Remota (RTU) desde las computadoras centrales localizadas en los centros de control principal y de contingencia.

La aplicación se manejará a través de la facilidad del sistema ISBN/PES denominada "Message Sensitive Multidrop BITT Async". Mediante el uso de esta facilidad, el equipo satelital se conectará directamente a los dispositivos SCADA a través de puertos seriales asíncronos, sin la necesidad de ningún equipo de procesamiento intermedio adicional.

La propuesta de aplicar el SCADA a través del sistema satelital es porque muchas áreas a lo largo de los gasoductos no están cercanas al radio de servicio de microondas de PEMEX, además de que muchas de ellas presentan carencia de electricidad. Por lo tanto se requiere que la instrumentación y el sitio de comunicación en campo, deba ser autosoportada por largos períodos de tiempo y de mantenimiento mínimo. Además en muchas de esas áreas, influye: la extensa variación de temperatura, la gran cantidad de precipitaciones, y el difícil acceso.

Para proveer un sistema SATELITAL y SCADA confiable, es necesario designarlos juntos. La definición de este sistema sería: Sistema digital de poleo de bajo registro "Low digital rate polled system". Si se buscan las definiciones de los componentes, se puede obtener una conclusión en que del mismo modo que se requiere el sistema de hardware, también es requerido el software para unir las necesidades de aplicación.

Por lo que en el primer capítulo veremos los antecedentes principales para establecer una comunicación vía satélite. En el segundo capítulo se describirá los objetivos y alcances del proyecto SCADA para PGPB, así como el análisis del sistema. En el capítulo tres y cuatro se analizará la construcción del proyecto mediante el satélite y los parámetros para establecer el enlace de comunicación. Por último en el capítulo 5 y 6 se analizará la integración de las estaciones terrenas y la estación maestra al proyecto.

OBJETIVOS

- Analizar la aplicación de un sistema SCADA a través de un sistema de telecomunicaciones Vía Satélite.
- Descripción general de la automatización de la Red de Gasoductos y LPG ductos de PEMEX.
- Análisis de la implementación de los sistemas de terminales de apertura muy pequeña "VSAT"
- Describir la comunicación entre la estación maestra HUB de la ciudad de México y las estaciones remotas de la república mexicana para la supervisión y diagnóstico Vía Satélite del sistema SCADA.

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones por satélite son hoy parte integrante del mundo interconectado por cables. Desde su inicio, en 1965 aproximadamente, las telecomunicaciones por satélite, han creado una red telefónica global con conmutación automática, no obstante desde 1956 los cables telefónicos submarinos comenzaron a conectar operacionalmente a los continentes mediante circuitos telefónicos de fácil obtención, sólo las telecomunicaciones por satélite han permitido superar todos los obstáculos terrestres y establecer enlaces de telecomunicaciones totalmente fiables, no sólo para telefonía sino también para televisión y todos los tipos de transmisiones de datos, cualquiera que sea su distancia y la inaccesibilidad de los lugares a conectarse.

Puede preverse que el futuro de las telecomunicaciones por satélite dependerá cada vez más de la utilización eficaz de sus características específicas que son: capacidad de acceso múltiple, es decir, conectividad multipunto a multipunto (en particular para tráfico disperso de densidad media o pequeña), capacidad de distribución, esto es por ejemplo para la radiodifusión de televisión pero también para la distribución de datos en que se requiere flexibilidad para cambios del tráfico y de la arquitectura de la red, así como también la facilidad de funcionamiento y puesta en servicio.

Todas las comunicaciones satelitales comerciales son geoestacionarias y cada satélite tiene una órbita alrededor de la tierra de un periodo de 24 hrs. La altitud de un satélite geoestacionario es de 35,900 km. sobre la tierra.

1.2 EL SATÉLITE

Un satélite es un repetidor de Radio Frecuencia (RF) a distancia, como se muestra en la figura 1.1, el cual usa una antena (de 60 cms. o más pequeña), con baja pérdida de línea y

bajo ruido en el receptor frontal, de hecho para grandes sistemas intercontinentales, el receptor tiene un ancho de banda de 500 Mhz, que amplifica la entrada del ancho de banda del enlace descendente. Para describir la capacidad de recepción de una estación terrena al recibir cada nivel bajo de señal, se usa la figura de mérito (G/T), que a continuación se describe.

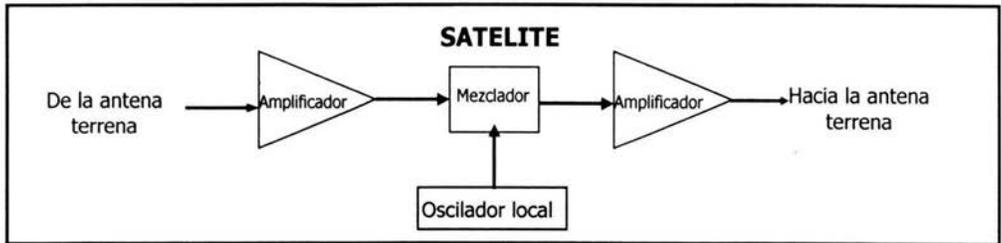


fig. 1.1 Diagrama a bloques de la porción de transmisión de radio enlace de una comunicación por satélite.

1.2.1 FIGURA DE MÉRITO DE LA ESTACIÓN TERRENA

La figura de mérito de una estación terrena (G/T) se ha introducido dentro de ingeniería para describir la capacidad de una estación terrena para recibir una señal de un satélite. El numerador G en la ecuación, es la ganancia de la antena receptora. El denominador T es la temperatura de ruido efectiva del Sistema de Recepción (Tc) expresándose logarítmicamente como:

$$\frac{G}{T} = G_{dB} - 10 \log Tc \quad \dots \text{Ecuación 1.1}$$

El Satélite de comunicación no es más que un radio enlace de microondas en línea de vista, usado en uno o más repetidores de RF localizados a grandes distancias de las terminales de las estaciones terrenas (ET), como se muestra en la figura 1.2.

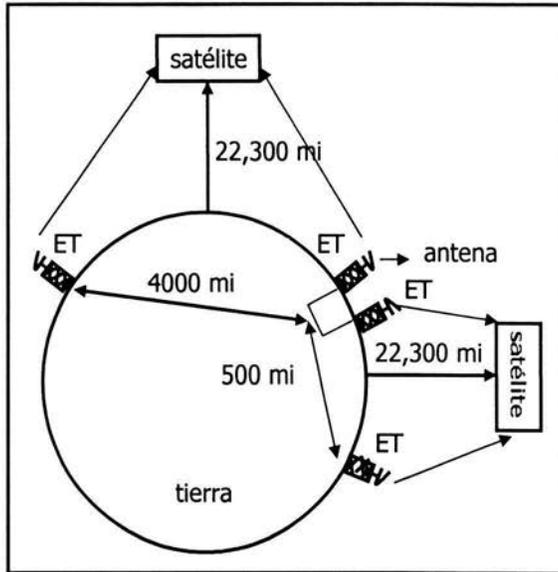


fig. 1.2 Radio enlace en línea de vista.

Debido a que la distancia se considera tomando el rango de la antena hacia el satélite, puede ser la misma distancia que la altitud del satélite sobre la tierra (línea de vista). Ésto sería verdad si la antena estuviera apuntando hacia el cenit, sin embargo, la distancia se incrementa tal como el punto angular del satélite decremanta (ángulos de elevación).

El tiempo de propagación requerido para atravesar la distancia de la estación terrena al satélite y de éste a otra estación terrena, es del orden de 240 mseg. El viaje redondo será 480 mseg (2 x 240). Este tiempo es mucho más grande que los encontrados en los sistemas terrestres convencionales. Naturalmente, hay grandes pérdidas. Para radio enlaces, se tienen pérdidas en el espacio libre o pérdidas en la trayectoria superiores a los 10 GHZ, equivalentes a 145 dB, y a 14 GHZ las pérdidas son equivalentes a 207 dB. Esto se obtiene de la ecuación 1.2

$$L = 96.6 + 20 \log_{10} D$$

..... Ecuación 1.2

Donde:

L = Atenuación en el espacio libre en dB.

F = Frecuencia en GHZ

D= Distancia en millas

96.6= constante de proporcionalidad en millas

En el sistema métrico, se tiene la Ecuación 1.3

$$L_{dB} = 92.4 + 20\text{Log}_{10} F_{GHz} + 20\text{Log}_{10} D_{km} \quad \dots\text{Ecuación 1.3}$$

Esto no presenta problema de la tierra al satélite, donde puede usarse comparativamente la potencia de transmisión y la ganancia de las antenas. Pero por el contrario, del satélite a la tierra, el enlace tiene una potencia limitada por dos razones:

- 1) En bandas compartidas con servicios terrestres tal como la banda KU de 14 GHz, para asegurar la no interferencia.
- 2) En el mismo satélite, que debe adquirir potencia solo de las celdas solares. Se requiere de un gran número de celdas solares para producir la potencia de RF necesaria; por esto el enlace descendente del satélite a la tierra es crítico, y recibe niveles de señal que serán muy bajos (-150 dB_w^1) en comparación con los radio enlaces.

1.2.2 BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Las bandas de frecuencia deseables para satélites de comunicaciones comerciales que están dentro del espectro de 1000 a 10 000 MHZ son:

- a) de 3700 a 4200 MHZ desde el satélite a la tierra o enlace descendente
- b) de 5925 a 6425 MHZ desde la tierra al satélite o enlace ascendente

¹ dB_w = decibeles en watts

- c) de 7250 a 7750 MHZ ² del enlace descendente
- d) de 7900 a 8400 MHZ ³ del enlace ascendente

Estas bandas se prefieren por las siguientes razones principales:

- a) Menos absorción atmosférica para altas frecuencias.
- b) Menos ruido, tanto galáctico como el hecho por el hombre.
- c) Un buen desarrollo tecnológico.
- d) Menos pérdidas en el espacio libre para altas frecuencias.

Las bandas de alta frecuencia para servicios de satélite comercial son:

- a) de 11.7 a 12.2 GHZ para un enlace descendente
- b) de 14.0 a 14.5 GHZ para un enlace ascendente
- c) de 17.7 a 21.26 GHZ para un enlace descendente
- d) de 27.5 a 30.0 GHZ para un Enlace ascendente

1.2.3 DEFINICIÓN DEL SERVICIO

El Servicio Fijo por Satélite (SFS) es un servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados en la superficie de la tierra cuando se utilizan uno o más satélites. Estas estaciones situadas en puntos fijos en la superficie de la tierra se denominan estaciones terrenas del servicio fijo por satélite. Las estaciones abordo de satélites, que constan principalmente en los transpondedores de satélite y antenas asociadas, se denominan estaciones espaciales del servicio fijo por satélite.

Actualmente con muy pocas excepciones, todos los enlaces entre una estación terrena transmisora y una estación terrena receptora se efectúan a través de un solo satélite. Estos

² Aplicación militar

³ Aplicación militar

enlaces comprenden dos partes, un enlace ascendente entre la estación terrena transmisora y el satélite y un enlace descendente entre el satélite y la estación terrena receptora.

El servicio fijo por satélite comprende también los enlaces de conexión, es decir, los enlaces entre una estación terrena situada en un punto fijo determinado y una estación espacial o viceversa que transmiten información para un servicio de radiocomunicación espacial distinto al servicio fijo por satélite. Esta categoría comprende por ejemplo: los enlaces ascendentes a los satélites de radiodifusión y los enlaces entre estaciones terrenas costeras y satélites del servicio móvil marítimo por satélite.

Las principales señales transmitidas por los enlaces del servicio fijo por satélite son: telefonía, telegrafía, facsímil, transmisión de datos, así como programas de televisión y radiofónicos.

1.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE

En la figura 1.3 se observan los componentes de un sistema de telecomunicaciones por satélite: el segmento espacial (el satélite) y el segmento terrestre (las estaciones terrenas).

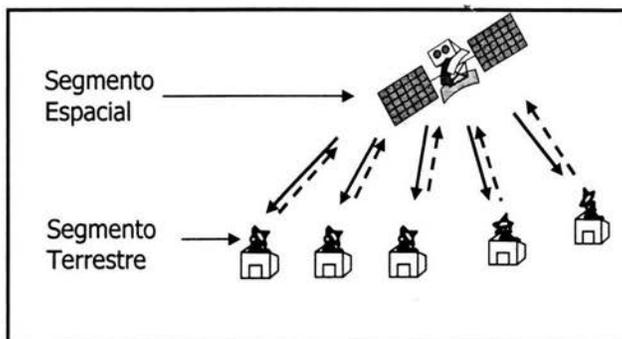


fig. 1.3 Componentes de un sistema de Telecomunicaciones por Satélite.

1.3.1 EL SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial de un sistema de telecomunicaciones por satélite consiste en los satélites y en las facilidades que en tierra efectúan las funciones de telemetría, comando y seguimiento, así como el apoyo logístico (método y medio de organización) para los satélites.

El satélite es el núcleo de la red y realiza la función de un repetidor radioeléctrico situado en el espacio que utiliza elementos activos. Comprende un conjunto de diversos subsistemas de telecomunicación y antenas.

Los equipos de telecomunicaciones denominados transpondedores reciben transmisiones de la tierra y después de efectuar la amplificación y transposición de frecuencia las devuelven a la tierra. Las antenas asociadas con estos transpondedores están diseñadas especialmente a fin de proporcionar cobertura a las regiones de la tierra comprendidas dentro de la zona de servicio del sistema de satélites.

1.3.2 EL SEGMENTO TERRESTRE

El segmento terrestre se le denomina a la parte final de un sistema de telecomunicaciones por satélite que está constituido por las estaciones terrenas que transmiten a los satélites y reciben de éstos señales de tráfico de todas clases, y constituyen la interfaz con las redes terrenas.

Una estación terrena comprende todo el equipo terminal de un enlace por satélite, y está constituida por lo general de los siguientes cuatro dispositivos principales:

- 1) Antena transmisora y antena receptora, con un diámetro que varía de 0.6 mts. a más de 30 mts. Por regla general las antenas grandes tienen un dispositivo de seguimiento automático en la antena que las mantiene constantemente apuntadas hacia el satélite, las antenas medianas pueden tener dispositivos de seguimiento sencillo, mientras que las

antenas pequeñas no suelen tener dispositivo alguno de seguimiento y aunque normalmente son fijas, por lo general pueden reorientarse manualmente.

- 2) El sistema receptor con una unidad de acceso de amplificador de bajo nivel de ruido y sensible, con una temperatura de ruido que varía desde 40 °k (o incluso menos), a varios centenares de °k.
- 3) El transmisor, con una potencia que varía desde algunos watts a varios kilowatts, dependiendo del tipo de señales que han de transmitirse y del tipo de tráfico.
- 4) Los equipos de modulación y demodulación en el transmisor y receptor.

1.4 ESQUEMAS DE MODULACIÓN-DEMULACIÓN

Un módem modula y demodula una señal con portadora con señales digitales de datos. Los tipos de modulación usados hoy en día por módems pueden ser una combinación de lo siguiente:

- 1) Modulación en Amplitud de doble banda lateral (DSB)
- 2) Modulación en Amplitud de banda lateral vestigial (VSB)
- 3) Modulación en cambio de Frecuencia (FSK)
- 4) Modulación en cambio de Fase (PSK)
- 5) Modulación en cambio de fase de cuadratura (QPSK)
- 6) Modulación en cambio de fase binaria (BPSK)

La modulación es comúnmente alguna forma de PSK, BPSK o QPSK. La BPSK es más importante y es generalmente más ventajosa sobre PSK y QPSK debido a los límites de la densidad de potencia impuesta por cuerpos regulatorios oficiales para proteger al satélite y a los sistemas terrestres de interferencias excesivas.

1.4.1 MODULACIÓN EN AMPLITUD CON DOBLE BANDA LATERAL

Con la doble banda lateral (DSB), la técnica de modulación en estado binario se representa por la presencia o ausencia de una portadora. Para datos mayores de 1200 bps⁴, cada sistema usa una frecuencia central en la portadora de 1600 hz. Para transmisión binaria, la modulación en amplitud tiene desventajas significantes, que incluyen:

- a) Susceptibilidad para cambiar repentinamente de ganancia
- b) Ineficiencia en la modulación y utilización del espectro, particularmente con altos índices de modulación.

1.4.2 MODULACIÓN EN AMPLITUD DE BANDA LATERAL VESTIGIAL

Una mejorable modulación en amplitud, es la técnica de doble banda lateral (DSB), ya que la mayor parte de la potencia de una señal modulada en amplitud, está contenida en la portadora (la cual no contiene información), es posible suprimir la portadora y ahorrar una cantidad considerable de potencia. La idea básica es en sí, transmitir solamente las bandas laterales, ya que la información esencial está presente en cada una de las bandas laterales, y no hay pérdida de contenido en el proceso. La frecuencia de la portadora será preservada para recobrar los componentes de DC de la información cubierta. Así mismo, debido a que los sistemas digitales usan modulación VSB (banda lateral vestigial) en cada una de las bandas laterales, en una porción de la portadora, se retiene un "vestigio" o huella, de la otra banda lateral. Esto se realiza produciendo una señal DSB y filtrándola fuera de los componentes de la banda lateral encontrada. Como resultado, la señal toma solo el 75% del ancho de banda requerido por un sistema DSB. Los módems típicos de datos VSB operan arriba de 2400 bps en un canal telefónico. La frecuencia de la portadora se localiza usualmente entre los 2200 y 2700 hz.

⁴ bits por segundo (bit/seg)

1.4.3 MODULACIÓN EN CAMBIO DE FRECUENCIA

Muchos sistemas de transmisión de datos utilizan modulación en cambio de frecuencia (FSK). Los dos estados binarios se representan por dos frecuencias distintas y se detectan usando dos secciones de frecuencia armonizadas para cada uno de los 2 bits en frecuencia.

La transmisión digital usando modulación FSK tiene las siguientes ventajas:

1. La implementación es menos compleja que un sistema AM, ya que puede usarse un amplificador sencillo, mientras que el sistema AM requiere un control sofisticado de ganancia para su operación en un amplio rango de niveles.
2. Una vez recibidas las señales pueden amplificarse y limitarse en un receptor.
3. FSK puede mostrar un mejoramiento de 3 a 4 dB sobre AM en muchos tipos de ruido ambiental, particularmente en un umbral de distorsión. Como el cambio de frecuencia se hace más grande, la ventaja sobre AM mejora en un ambiente ruidoso.
4. Otra ventaja de FSK es su inmunidad de los efectos de no selectividad de variación de ruido. En Estados Unidos FSK tiene aplicación casi universal para transmisión, con índices bajos de datos (≤ 1200 bps).

1.4.4 MODULACIÓN EN FASE

Para sistemas que utilizan altos índices de datos, la modulación en fase parece ser más atractiva. Se usan varias formas de modulación en fase como la doble fase, fase relativa, y la fase en cuadratura.

- a) El sistema de doble fase utiliza una fase de la frecuencia de una portadora para un estado binario y otra fase para otro estado binario. Las dos fases están apartadas 180° y se detectan por un detector síncrono usando una señal de referencia en el receptor que es de fase conocida con respecto a la señal entrante. Esta señal conocida opera en la misma

frecuencia que la señal portadora entrante y se coloca para estar en fase con una de las señales binarias.

- b) En el sistema de fase relativa, un "1" binario está representado por un envío de ráfagas de una señal de una fase opuesta para esa señal transmitida previamente. Las señales se demodulan en el receptor integrando cada ráfaga de la señal de un período de 1 bit para comparación en fase con la siguiente ráfaga de señal.
- c) El sistema de fase en cuadratura (QPSK), dos canales binarios (2 bits) se multiplexan en fase.

Algunas ventajas de la modulación en fase:

- 1. Toda la potencia disponible se utiliza para la comunicación.
- 2. El esquema de demodulación tiene una capacidad de rechazo al ruido.
- 3. El sistema permite un pequeño ruido en el ancho de banda.

Una desventaja de cada uno de los sistemas es la complejidad del equipo requerido.

1.5 TRANSMISIÓN DIGITAL

Existen dos ventajas notables para la transmisión digital:

- 1. No se acumula el ruido en repetidores, ya que hasta hoy, se toma como una segunda consideración en el sistema que se diseña.
- 2. El formato digital se presta idealmente a una tecnología de estado sólido en particular para circuitos integrados.

Hay dos diferentes métodos de modulación que se utilizan comúnmente: Modulación por código de pulsos (PCM), que es ampliamente usada para transmisión en comunicaciones de portadora común, y la modulación delta (DM), que se encuentra en aplicaciones de comunicaciones militares.

1.5.1 BASES DE LA MODULACIÓN POR CÓDIGO DE PULSO (PCM)

La modulación por código de pulso es un método de modulación en que una onda analógica continua se cambia en un modo digital equivalente.

Si una señal de banda limitada es muestreada en intervalos regulares de tiempo y en una razón igual o más grande que el doble de la frecuencia de la señal, entonces la muestra contiene toda la información de la señal original. La señal original puede entonces ser reconstruida.

Para desarrollar una señal PCM a partir de una señal analógica, se requiere de tres pasos: muestreo, cuantización y codificación. El resultado es una serie de señales binarias o señales digitales. Una mayor ventaja de la transmisión digital es que las señales pueden regenerarse en puntos intermedios de los enlaces involucrados en la transmisión. El precio de esta ventaja es el incremento del ancho de banda requerido para PCM. Los sistemas comunes que se utilizan ampliamente, requieren de 16 tiempos del ancho de banda de su contraparte analógica.

La regeneración de una señal digital es simplificada y particularmente efectiva cuando la señal de la línea de transmisión es binaria, ya sea neutral, polar, o bipolar, como se muestra en la figura 1.4.

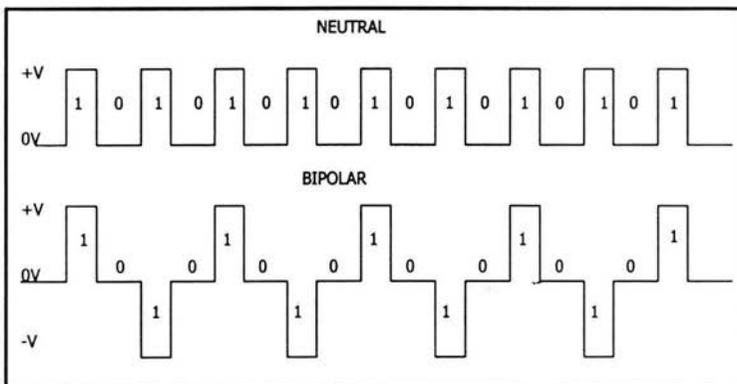


fig. 1.4 Bit neutral vs bipolar. La figura ilustra "1"s y "0"s alternados, transmitidos en modo neutral; el dibujo de inferior ilustra el equivalente en un modo bipolar.

La transmisión binaria soporta considerablemente niveles altos de ruido, cuando se compara con su contraparte analógica. La regeneración que toma lugar en cada repetición, por definición recrea una nueva señal digital, por consiguiente, el ruido, como lo conocemos, no se acumula.

El índice de error de bit "Bit error rate" (BER), es otro factor importante para el diseño de sistemas PCM. Si el índice de error en un sistema PCM puede mantenerse efectivo para un error en 10^5 bits, automáticamente no será degradado. De igual forma con un índice de un error en 10^3 bits, es bastante bueno. Sin embargo, cuando los errores se exceden uno en 10^2 bits, automáticamente es pérdida.

1.5.2 ONDA MODULADA POR AMPLITUD DE PULSO

Con algunas excepciones, los sistemas prácticos PCM involucran la multiplexión por división de tiempo. Muestreando en esos casos no involucra solo un canal de voz, sino algunos. En la práctica, un sistema muestrea 245 canales de voz en secuencia, y otro muestrea 32 canales. El resultado del muestreo múltiple es una onda PAM (modulación por amplitud de pulso). Una onda PAM se muestra en la figura 1.5, en este caso una senoide.

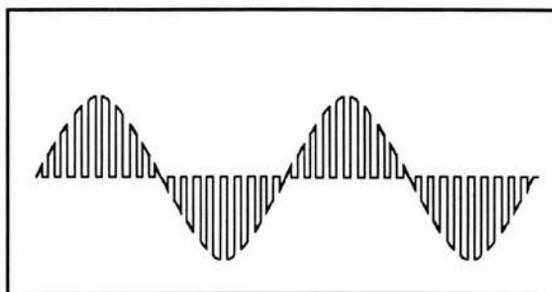


fig. 1.5 Onda PAM muestreada de una senoide.

El canal de voz nominal de 4 KHz debe ser muestreado 8000 veces por segundo, y un grupo de 24 canales de voz se muestrean secuencialmente en intervalos formando una onda multiplexada PAM.

Esta secuencia completa debe hacerse en un período de $125\mu\text{s}$. Llamamos a este período de $125\mu\text{s}$ una trama, y dentro de la trama todos los 24 canales son sucesivamente muestreados uno a la vez. Por lo que por $125/24=5.2\ \mu\text{s}$ para cada canal de voz.

1.5.3 CUANTIZACIÓN

La cuantización aparece como el siguiente proceso de formación de una serie de bits PCM que se asigna en un código binario para muestrear cada uno como se presente para el código.

Un código binario con cuatro elementos discretos (un código de cuatro niveles) podrían separar un código de 2^4 o 16 caracteres, insuficientes para las 26 letras del alfabeto, un código de nivel 5 daría 2^5 o 32 caracteres o significados. Un código de octavo nivel daría 256 posibilidades.

El ancho de banda relacionado al índice de información (exactamente para índice de modulación) o, al número de bits transmitidos por segundo. La meta es mantener algún control sobre la cantidad de ancho de banda necesario. La longitud del código (número de niveles) debe limitarse. Un número infinito de niveles en amplitud se presentan en el codificador en una PAM.

1.5.4 EL CONCEPTO DE TRAMA

Como se muestra en la figura 1.6, multiplexando la portadora PCM de salida en el proceso, muestrea fuentes secuencialmente. Esas fuentes pueden ser canales de voz nominales de 4 KHz, u otra fuente de información, posiblemente datos o video. El resultado final del muestreo y la subsecuente cuantización y codificación es una serie de pulsos, una serie de bits (1's y 0's) que requiere algunas indicaciones o identificaciones del comienzo de una secuencia de examinaiones. Esta identificación es necesaria en el receptor lejano así que se conocerá exactamente cuando cada secuencia de muestreo comienza o termina; el

tiempo del receptor. Cada identificación se llama muestra, y una secuencia completa o círculo de muestra se llama una trama en terminología PCM.

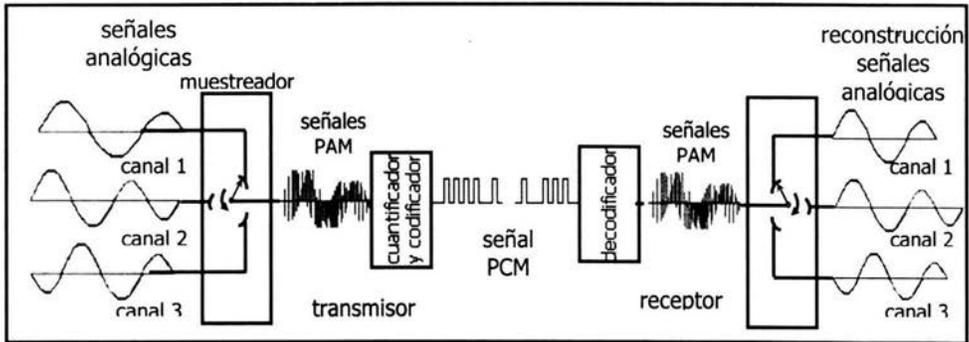


fig. 1.6 Un muestreador analógico de formación de una onda PAM.

Considerando la estructura de trama de algunos sistemas prácticos PCM: en el sistema de 24 canales PCM usando un código de séptimo nivel ($2^7 = 128$ pasos cuantizados). Cada 7 bits representan un paso cuantizado y codificado, 1 bit se adiciona para señalización. Para completar la secuencia, 1 bit se adiciona, y se llama bit de trama. Así una trama consiste de:

$$(7+1) \times 24 + 1 = 193 \text{ bits}$$

Sustituyendo una secuencia completa o trama. Por definición 8000 tramas se transmiten, así que la razón de bit es: $193 \times 8000 = 1,544,000$ bps.

En un sistema de 32 canales (E1) donde se transmiten 30 canales en conferencia derivados de la entrada de troncales telefónicas, permanecen dos canales que se transmiten para señalización y sincronización de información. Cada canal se coloca en una ranura de tiempo. En Norte América el sistema de 96 canales de voz se sustituyen por 4 grupos de 24 canales (T1) cada uno. Se requiere un multiplexor para traer esos cuatro grupos dentro del sistema, usando un código de 8 elementos. La sustitución de la trama es similar al del sistema anterior: $8 \times 24 + 1 = 193$ bits por trama.

La estructura de la trama se muestra en la figura 1.7. La señalización se realiza a través del octavo bit de cada canal en cada seis tramas. Para las otras tramas, todos los bits se usan transmitiendo información codificada.

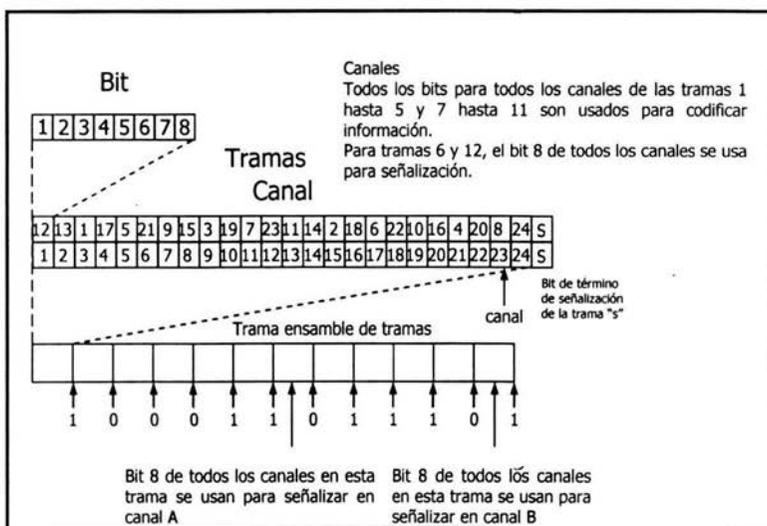


fig. 1.7 Estructura de una trama. La técnica usada a través del octavo bit de cada 6 tramas proveen la señalización de información.

- Notas: (1) Si los bits 1 al 6 y 8 son 0, entonces el bit 7 se transmite como 1,
 (2) El bit 2 es transmitido como 0 en todos los canales para transmisión de alarma
 (3) Patrón de composición 000110111001, etc.

El bit de señalización asegura que el receptor PCM se alinee respecto al comienzo y fin de una secuencia de tramas; el temporizador se refiere a la sincronización del reloj receptor, que específicamente está en el paso con su compañero (al final), con el transmisor de reloj.

1.5.5 CIRCUNSTANCIAS PARA UNA TRANSMISIÓN DIGITAL POR RADIO ENLACE

La transmisión de PCM por radio enlace es una alternativa para transmisión bajo las siguientes circunstancias:

1. Donde las obstrucciones físicas o naturales del medio hagan que el cable sea impráctico.
2. Para grupos de troncales metropolitanas relativamente largas con 600 canales de voz donde el cable es muy costoso.
3. Como una alternativa de un sistema de cable.
4. Entre los interruptores locales PCM para requerimientos de conversión A/D-D/A (analógico a digital y digital a analógico), eliminando así la modulación por división en frecuencia (FDM) como una posibilidad económicamente viable.

1.6 ACCESO MÚLTIPLE DE UN SATÉLITE

El Acceso Múltiple está definido como la habilidad de un gran número de estaciones terrenas para interconectar sus respectivos enlaces de comunicación a través de un satélite en común. El acceso al satélite se clasifica por:

- a) Asignación
- b) dominio de frecuencia o dominio del tiempo

Las técnicas de acceso que se pueden encontrar en la tecnología satelital son:

1. Acceso Múltiple por División de Frecuencia "Frequency Division Multiplex Access" (FDMA) operación analógica o digital.
2. Un solo Canal por Portadora "Single Chanel Per Carrier" (SCPC)
3. Acceso Múltiple por Asignación de Demanda "Demand Asignation Multiplex Access" (DAMA)
4. Acceso Múltiple por División de Tiempo "Time Division Multiplex Access" (TDMA) exclusivamente operación digital
5. Acceso Múltiple por División de Código "Code Division Multiplex Access" (CDMA) exclusivamente operación digital.

1.6.1 ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO

CDMA es especialmente atractivo para usuarios militares debido a su anti-interferencia y baja probabilidad de interceptar información. Con CDMA, la señal transmitida se extiende el ancho de banda disponible del transponder en una relación tiempo-frecuencia por una transformación de códigos. Típicamente la modulación del ancho de banda RF es de 10 a 100 veces más grande en comparación con la información del ancho de banda.

1.6.2 ACCESO MULTIPLE POR ASIGNACIÓN DE DEMANDA

El método DAMA son canales de voz simples que están localizados en una estación terrena en demanda. Un grupo de canales desocupados están disponibles y se realizan asignaciones del grupo en demanda. El método DAMA es analógico a un interruptor telefónico.

1.6.3 ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA

FDMA tiene el uso más alto y aplicación entre varias técnicas de acceso. Algunas bandas de RF disponibles tienen un ancho de banda de 500 MHz. Un satélite tiene un número de transponders y cada uno cubre un segmento de frecuencia de 500 Mhz de ancho de banda y con FDMA un transponder del satélite se divide en segmentos de banda de frecuencia donde cada segmento se asigna a un usuario. Un método de segmentación de 500 MHz se utiliza por 12 transpondedores cada uno con 36 MHz de ancho de banda.

El número de usuarios puede ser mayor que uno, donde un transponder completo se asigna a un solo usuario. Literalmente en cientos de segmentos es típica la operación de SCPC (un solo canal por portadora "Single channel per carrier").

Con FDMA, a cada estación terrena se le asigna un segmento o una porción de un segmento. Para un transponder nominal de 36 Mhz, pueden acceder 14 estaciones terrenas en un formato en FDMA, cada uno con 24 canales de voz en un plan de modulación estándar.

Los espacios de los canales en un transponder varían dependiendo del sistema. Algunos sistemas usan 45 khz de espacio, otros 22.5, 30, y 36 khz. La modulación es FM o BPSK/QPSK.

Los canales SCPC pueden ser preasignados o DAMA. La técnica preasignada es solo económicamente factible en situaciones donde los sitios fuente/destino tienen muy poca densidad de tráfico durante las horas ocupadas

1.6.4 ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO

TDMA opera en el dominio del tiempo. El uso de un transponder es en una base de ranuras individuales de tiempo que se asignan para las estaciones terrenas en un orden especial. Cada estación terrena ha llenado y usado exclusivamente el ancho de banda del transponder durante su segmento de asignación de tiempo.

Los trabajos en TDMA dominan en el tiempo. Solo un usuario aparece en el transponder en cualquier tiempo dado. Cada usuario se asigna a una ranura de tiempo para acceder al satélite, el tiempo del sistema es crucial con TDMA.

Dependiendo del ancho de banda del transponder, se usarán una razón en bits de 10 a 100 Mbps.

Con TDMA las estaciones terrenas usan modulación digital y se transmiten con ráfagas de información. La duración de una ráfaga para el periodo de tiempo es la ranura asignada. La sincronización del tiempo es el mayor problema.

Una trama, en un formato digital, puede definirse como un ciclo repetitivo de eventos. Esto ocurre en un periodo de tiempo que contiene una ráfaga digital de cada estación terrena y los periodos de guarda o tiempo de guarda entre cada ráfaga. Un ejemplo se muestra en la figura 1.8, para estaciones terrenas 1, 2 y 3 a N.

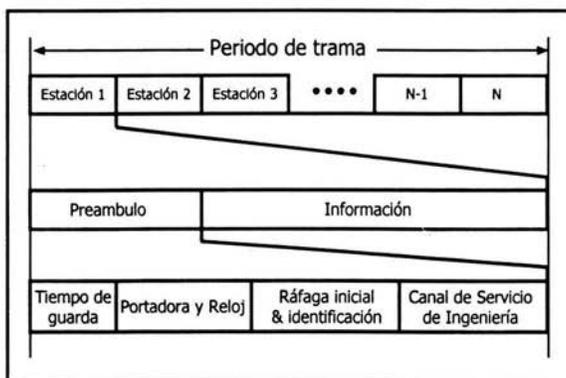


fig. 1.8 Formato de una trama.

El tiempo es crucial para efectuar la operación de TDMA. El comienzo más grande es N (las demás estaciones operan en el periodo de la trama), los demás relojes temporizadores influyen en el sistema. El secreto está en "la portadora y el reloj (temporizador) para recobrar el patrón". Una forma de asegurarse que todas las estaciones están sincronizadas a un reloj maestro, es situar una ráfaga que sincronice, como el primer elemento en el formato de la trama.

Las mayores ventajas de FDMA son:

1. No se requiere temporizador en redes.
2. La asignación de canal es simple y directo.

Desventajas:

1. Deben coordinarse los niveles de potencia del enlace ascendente para obtener uso eficiente del transponder para la potencia de salida de RF.

2. El número de portadoras de RF se incrementan con inherente pérdida de eficiencia, por lo que se requiere de potencia de respaldo.

Las mayores ventajas de TDMA son:

1. No hay potencia compartida y no ocurren problemas para producir Intermodulación (IM).
2. El sistema es flexible con respecto a diferentes usuarios en enlace ascendente e índice de datos.

Desventajas:

1. Se requiere temporizador preciso en la red.
2. Hay algunas pérdidas a través del vencimiento del tiempo de guarda y preámbulos
3. Un buffer acumulado puede requerirse si la longitud de la trama es grande.

CAPÍTULO 2

PROYECTO SCADA

CAPITULO 2

PROYECTO SCADA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

Los objetivos del proyecto SCADA para PGPB, son implementar un sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos para las instalaciones que forman parte de la Red Nacional de Gasoductos y LPG ductos (figura 2.1), así como proponer, para el control y el monitoreo de las instalaciones se propone un Centro de Control Principal (CCP) en la Cd. de México, un Centro de Control de Contingencia (CCC) en Venta de Carpio Estado de México, y 17 Centros de Información Remotos (CIR) localizados en sectores y oficinas de zona de la Red distribuidos en la República Mexicana.

Los alcances del proyecto implican que el Centro de Control Principal tendrá todas las funciones de control y monitoreo para operar la Red Nacional de Gasoductos (245 Estaciones de Gas Natural) y LPG ductos (113 Estaciones de Gas LP). La función del CCC será respaldar al CCP en caso de una falla total o en el caso de alguna emergencia, permitiendo a los Centros de Información Remotos operar normalmente.

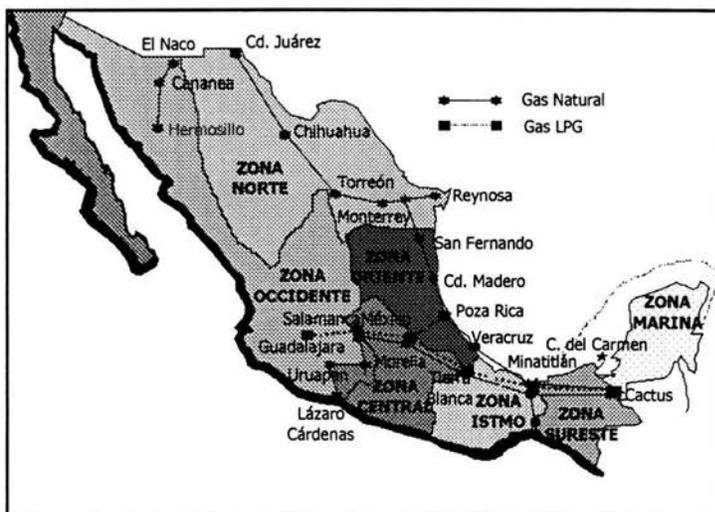


fig. 2.1 Red Nacional de Gasoductos y LPG ductos.

El proyecto contempla la ampliación de la infraestructura existente de Telecomunicaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para proveer los medios de comunicación entre el Centro de Control Principal, el Centro de Control de Contingencia y las estaciones remotas. De igual forma, se requiere de la participación activa en la implementación de los sistemas a utilizar en los diferentes Sectores de Pemex Gas para la comunicación de equipos de medición (Computadores de Flujo, Cromatógrafos y Calorímetros), así como para garantizar la integración de las redes LAN de los sectores a la red WAN de Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB), para la puesta en operación del Centro de Acopio de Información.

La función de los Centros de Información Remotos (CIR) será proporcionar al personal de los sectores, información de las condiciones operativas de las instalaciones en su área de responsabilidad. Además los CIR's tendrán la capacidad de ejercer el control y monitoreo de dichas instalaciones de una manera limitada. Los 17 centros de información remotos (CIR), serán implementados en diferentes localidades de la República Mexicana, 15 en las oficinas de los sectores de operación y mantenimiento de campo, además en 2 centros adicionales localizados en las oficinas de zona de Monterrey y Veracruz.

Para el desarrollo de este proyecto en el área de Telecomunicaciones, PGPB cuenta con la asesoría de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones (GIT), la cual tiene como función desarrollar, administrar, operar y mantener la red de telecomunicaciones propia de PEMEX para apoyar las actividades administrativas y operativas en las diferentes especialidades de la industria petrolera.

2.2 SERVICIO

El servicio principal que se proporcionará a través del sistema satelital, es el SCADA, el cual será utilizado para la interrogación de cada Unidad Terminal Remota (RTU), es decir, se le preguntará a cada estación si tiene información que transmitir en un determinado tiempo

(poleo), desde las computadoras centrales localizadas en los centros de control principal y de contingencia de la Ciudad de México y Venta de Carpio.

La topología del sistema de telecomunicaciones para este proyecto será en forma de estrella, siendo el nodo central de recolección de información el Centro de Control Principal y el Centro de Control de Contingencia, los Centros de información Remotos se enlazarán al Centro de Control por medio de la red de área amplia (WAN) ya existente.

La Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones- (GIT), se encuentra dividida geográficamente en siete zonas como se muestra en la figura 2.2, siendo la zona Marina la única no involucrada en este proyecto. Cada zona cuenta a su vez con Departamentos Locales de Telecomunicaciones, ubicados en los centros de trabajo más importantes con personal para la operación y mantenimiento de los sistemas existentes.



fig. 2.2 Zonas geográficas de la GIT.

Para llevar a cabo el desarrollo del SCADA, la GIT realizará en conjunto con el personal de PGPB el desarrollo de las siguientes actividades:

- a) Gestionar ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la autorización de frecuencias para los sistemas de radiocomunicación requeridos en el proyecto.
- b) Gestionar ante SATMEX los permisos requeridos para la autorización de acceso al satélite Satmex 5.
- c) Aprobar y autorizar las memorias de cálculo que realice el Contratista.
- d) Supervisar la procura y suministro del sistema.
- e) Supervisar la instalación del sistema.
- f) Supervisar y coordinar las pruebas de los equipos en campo.
- g) Supervisar y coordinar la puesta en operación del sistema.
- h) Participar en los comisionamientos de entrega-recepción.
- i) Supervisar las actividades durante el periodo de estabilización.

El sistema satelital está diseñado para soportar servicios SCADA y servicios de diagnóstico de radios UHF en TDM/TDMA. Adicionalmente, en los sitios de Torreón, Chihuahua y Monterrey, el sistema se ha diseñado para soportar servicios de voz utilizando el método de acceso SCPC/DAMA.

2.3 INFRAESTRUCTURA

Los sistemas de telecomunicaciones de los sistemas troncales de microondas de PEMEX que se encuentran disponibles, están limitados en su cobertura nacional. Estas instalaciones cuentan con infraestructura de microondas o se encuentran cerca de los sitios de repetición, sin embargo, existen instalaciones fuera de la cobertura actual.

Dada la alta dispersión de los sitios, así como la topografía accidentada en ciertas regiones del territorio nacional, se propone el uso de diversas tecnologías de telecomunicaciones, como a continuación se indica:

- a) Sistema de microondas digital existente, equipo que se requiere ampliar en su sección de Múltiplex.

- b) Sistemas multicanal digital.
- c) Estación terrena maestra.
- d) Interconexiones de estaciones de microondas a los Controladores Programables de Estación "SPC's" (Station Programable Controller) por medio de cable y módems.
- e) Sistemas punto-multipunto digital que involucra un sistema de supervisión y Diagnóstico en UHF.
- f) Sistema de comunicación vía satélite en la Banda Ku por-adquirir en este proyecto, el cual incluirá al sistema de Supervisión y Diagnóstico.

De tal forma que se deberá cumplir con los requerimientos de conectividad y funcionalidad del Proyecto.

2.4 IMPLEMENTACIÓN

El sistema total se propone implementar mediante los tres Subsistemas, los cuales están en función de la tecnología a utilizar:

1. Subsistema de Radio UHF punto-multipunto.
2. Subsistema Múltiplex.
3. Subsistema vía satélite.

2.4.1 SUBSISTEMA DE RADIO UHF PUNTO-MULTIPUNTO

Estos sistemas se utilizan con el propósito de agrupar una o más instalaciones y aprovechar el canal de telecomunicación vía microondas o satelital, para enviar la información a México, D.F., para tal efecto, se deberá desarrollar ingeniería de detalle, adquirir, instalar, probar y poner en operación el Subsistema de Radio UHF punto-multipunto en Estaciones Maestras, Estaciones de repetición y Estaciones Remotas; además se debe considerar para este Subsistema, los procedimientos y actividades para la instalación, configuración y canalización del sistema de Supervisión y Diagnóstico Remoto de UHF.

2.4.1.1 ESTUDIO DE ENLACE RADIOELÉCTRICO

El estudio para cada uno de los enlaces radioeléctricos del sistema, involucra las siguientes actividades:

- a) Trazar los perfiles topográficos para cada uno de los sitios remotos.
- b) Elaborar las memorias técnicas para cada uno de los sistemas considerados.
- c) Determinar el tipo de antena y la altura del mástil/torre a utilizar en cada uno de los sitios remotos en función de la distancia de los enlaces (maestro-remota).
- d) Proponer los procedimientos de pruebas aplicables a los sistemas involucrados.
- e) Diseñar la cimentación requerida para torres y mástiles, dependiendo del tipo de terreno.
- f) Diseñar los sistemas Pararrayos requerida para torres y mástiles, para los casos que se requieran.

Los lineamientos para la elaboración de la Ingeniería son los siguientes:

- a) Determinar el tiempo de respuesta de todos los enlaces de UHF, tomando en cuenta los retardos de los propios radios y las cantidades de información a enviar por RTU, además de los tiempos de encendido y apagado de los radios, ya que serán un factor a considerar para el tiempo de respuesta global del sistema, en conjunto con el protocolo de comunicaciones que se seleccione para la aplicación.
- b) Desarrollar un plan de frecuencias adecuado para optimizar el uso del espectro radioeléctrico.

2.4.2 SUBSISTEMA MÚLTIPLEX

Como columna vertebral del sistema se utiliza la red de microondas digital de la institución, ya que una gran cantidad de los sitios que serán automatizados, coinciden con la trayectoria de esta red. Para poder manejar la información de estos sitios coincidentes, así como aquellos que se enlazan por medio de radios UHF, se requiere ampliar la sección

Múltiplex en diversas estaciones terminales y repetidoras. Para esto se deberá desarrollar la Ingeniería de detalle, adquirir, instalar, probar y poner en operación la ampliación del sistema Múltiplex de Microondas en las estaciones terminales y repetidores existentes.

Para ampliar el subsistema Múltiplex, los enlaces por cable vía módem y la interconexión de canales de datos por medio de un dispositivo de compartición (Splitter); se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Revisar que la ingeniería cumpla con las normas y estándares aplicables de acuerdo con las especificaciones requeridas.
- b) El paquete de ingeniería de detalle se integra con la ingeniería de Automatización y de SCADA en las estaciones coincidentes que así lo requieran.

Lineamientos:

- a) Levantamiento en campo.
- b) La configuración propuesta para la conexión de las RTU's y los centros de control, deberá cumplir con los requerimientos del proyecto, de tal manera que se asegure una operación libre de error en los canales de datos.
- c) Elaborar diagramas detallados de cableado e instalación para cada sitio.

Se suministrarán y configurarán los equipos múltiplex de acuerdo con la canalización proporcionada por PGPB-GIT para cada sitio, y con las características requeridas por los canales de datos para conectarse con el resto del sistema. Se suministrarán equipos y aditamentos del Subsistema de múltiplex, tales como múltiplexores, tarjetas, gabinetes, sistema de energía (en donde aplique), módems, splitters, cableado, conectores, etc.

2.4.3 SUBSISTEMA VIA SATÉLITE

El segmento terrestre se utilizarán para comunicar aquellos sitios donde no se cuenta con cobertura de los sistemas de microondas. En algunos sitios se utilizarán una o varias RTU's en combinación con los equipos de UHF para enlazar a México. Para la implementación de este subsistema también se deberá desarrollar Ingeniería de detalle, adquirir, instalar, probar y poner en operación el Subsistema vía Satélite en la Estación Maestra (HUB) y Estaciones Remotas (ETR), además del sistema de Supervisión y Diagnóstico Remoto Vía Satélite.

En la red se tendrán estaciones terrenas asociadas con equipos de radio punto multi-punto. Bajo esta configuración, el canal de datos asignado a una estación terrena que cuenta con equipo de radio multi-direccionable, tendrá que adquirir los datos de las diversas RTU's que se encuentren asociadas a la estación de radio maestra. En este caso se debe considerar para los tiempos de encendido y apagado de los equipos de radio y el protocolo de comunicaciones que sea utilizado. La velocidad que se pretende utilizar para los enlaces por vía Satélite es de 9.6 kbps.

De igual forma, se deben considerar los puntos descritos a continuación y que se relacionan con las Pruebas de Aceptación de Fábrica (FAT) del subsistema vía satélite:

- a) Consumo de energía en los equipos de la estación central (HUB) y en las estaciones terrenas remotas (ETR).
- b) Pruebas ambientales para el equipo en las estaciones terrenas y compartimentos a prueba de agua.

El segmento espacial (compuesto por el satélite) está diseñado para soportar servicios SCADA y servicios de diagnóstico de radios UHF en TDM/TDMA.

2.5 DISEÑO DEL SISTEMA

El satélite está basado en un sistema de comunicación que ofrece opciones para minimizar los costos por la transmisión. El proyecto SCADA para aplicación de datos requiere típicamente de un bajo volumen de datos que se transmiten en un periodo básico en un ambiente de interrogación. La nueva tecnología como son los sistemas USAT (Ultra Small Aperture Terminal) permiten costos bajos de HUB's y soportan una baja cantidad de terminales remotas.

El propósito de aplicar SCADA, es protagonizar una operación con una configuración en un bajo índice de bits de 9.6 o 19.2 kbps¹. Los tipos de sistemas que se diseñarán, son de acuerdo a las características VSAT y USAT que se mencionan a continuación.

2.5.1 SISTEMA VSAT

Un sistema de Terminales de apertura muy pequeña (VSAT) "Very Small Aperture Terminals" puede ser más efectivo en cuanto a costos por conectividad de los enlaces de datos, que la conectividad convencional a través de la Red Pública Telefónica conmutada "Public Switched Telephone Network" (PSTN).

La aplicación primaria de un sistema VSAT es para un gran número de estaciones de salida que deben enviar pocos mensajes como en cadenas de comida rápida, cadenas hoteleras, bancos, correo electrónico, etc.

Algunos sistemas VSAT tienen comunicación en un solo sentido denominado simplex, es decir, de la estación maestra (HUB) a la VSAT para datos, facsímil o TV.

Un sistema VSAT puede estar formado de cientos o miles de usuarios remotos. De la VSAT al HUB, es decir, en la ruta de entrada, el índice nominal de bits, depende del diseño y

¹ kilo bits por segundo (kbits/seg)

requerimientos del sistema, y varía cerca de 600 bps a 64 kbps o más. En la ruta de salida, 56 kbps, o índices más altos. Un formato TDM se encuentra comúnmente para el régimen de ruta de salida.

Comúnmente, el enlace de la ruta de salida es una serie continua de bits TDM recibidos por todos los usuarios activos VSAT y ésta se puede separar en dos subredes, cada una con su propio enlace de salida TDM. Un grupo de bits TDM se compone de una serie de mensajes de datos o series de paquetes. Cada VSAT extrae solo los mensajes o paquetes que están designados para él. Cada que el HUB no tiene tráfico en la ruta de salida, puede continuar enviando una secuencia de bits que predeterminan la secuencia desocupada. En muchas redes VSAT la ruta de salida TDM es también una fuente temporizada para cada VSAT.

2.5.2 OPERACIÓN DEL TRANSPONDER VSAT

Un sistema VSAT no ocupa más de 1 MHz del espacio de frecuencia del transponder. Otros sistemas largos VSAT, pondrían requerir más localización en frecuencia en un transponder del satélite. Una asignación típica de 1 MHz podría representarse en la figura 2.3.

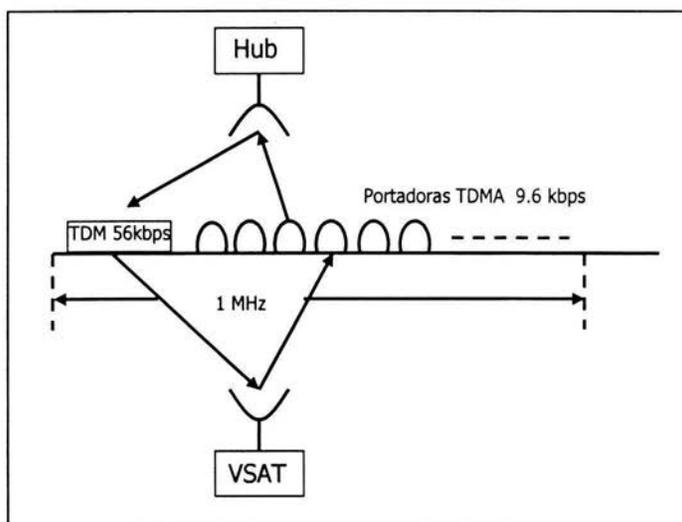


Fig. 2.3 Operación del sistema VSAT con 1 MHz localizado en un transponder del satélite.

Muchos sistemas VSAT operan con mensajes largos en el orden de 800 a 2048 bits. Con mensajes de esta longitud, el tiempo de transmisión de la VSAT ocurre en 1 s. Por supuesto, la longitud y el rango del mensaje por usuario es manejado operacionalmente.

2.5.3 TERMINALES VSAT

Las aplicaciones tradicionales VSAT son generalmente caracterizadas por su aplicación SCADA como sigue:

El tamaño de la antena de la terminal remota se encuentra entre 1.2 a 2.4 m para la banda Ku. Una antena pequeña ayuda a mantener el bajo costo de la terminal remota.

La modulación por división múltiple de tiempo se usa típicamente para las comunicaciones de la ruta de salida (outroute); el índice de información varía de acuerdo al sistema desde 128 a 512 kbps.

El Acceso Múltiple por División de tiempo TDMA, se usa para la comunicación en la ruta de entrada (inroute) con la técnica de Acceso Múltiple aleatorio RMA "Random multiple access". Hay un método de Acceso Múltiple por Asignación de Demanda que típicamente usa varios de los protocolos ALOHA para acceder en el canal de comunicaciones dentro de ruta.

Los métodos de Acceso pueden ser:

- a) Asignación de demanda
- b) Aloha aleatorio puro
- c) Ranura aloha
- d) Acceso múltiple por sentido de portadora
- e) Reservación

2.5.4 TERMINALES USAT

Las aplicaciones de Terminales de apertura ultra pequeñas (USAT) "Ultra Small Aperture Terminals" son relativamente nuevas y se caracterizan generalmente por lo siguiente:

- a) Antena de la terminal remota pequeña (0.75 a 1.2 m para banda ku).
- b) Bajo costo para las terminales remotas.
- c) Longitud media de la antena (4.5 a 7.1 m para banda ku).

Se usa típicamente TDMA o modos fijos digitales SCPC para comunicaciones de ruta de salida, de acuerdo a índices variables para el sistema de 9.6 a 19.2 kbps.

Bajo consumo de potencia: oscila entre ± 50 watts. Esta tecnología se usa para aplicaciones bajas en datos. Soporta TDMA fijo (ranura preasignada de tiempo) o reservación fija. Necesita de la sincronización de la red.

CAPÍTULO 3

EL SATÉLITE

CAPITULO 3

EL SATÉLITE

3.1 INGENIERÍA DE DETALLE

La ingeniería que se tiene actualmente en la GIT, es básica en muchos aspectos, por lo tanto se recomienda revisar que cumpla con las normas y estándares aplicables y con las especificaciones requeridas dependiendo de cada estación, ya que se deberá involucrar el estudio de cada uno de los enlaces satelitales del sistema, tomando en cuenta que la disponibilidad mínima para los enlaces de satélite es del 99.9% para una BER de 1×10^{-6} , para todas las épocas del año. Dicho estudio debe involucrar las siguientes actividades:

- a) Elaborar las memorias técnicas para cada uno de los sistemas considerados.
- b) Determinar el tipo de antena a utilizar en cada uno de los sitios remotos, así como el diámetro y potencia requerida.
- c) Elaborar los procedimientos de pruebas aplicables a los sistemas involucrados.
- d) Diseñar la cimentación requerida para la base de la antena.
- e) Diseñar los sistemas Pararrayos, para los casos que se requieran.

3.1.1 LINEAMIENTOS

Los principales lineamientos que se deben considerar para la elaboración de la red satelital, son los siguientes:

- a) Determinar el tiempo de respuesta de todos los enlaces satelitales, tomando en cuenta los retardos y las cantidades de información a enviar por una RTU.
- b) Asociación de estaciones terrenas con equipos de radio punto multi-punto.
- c) Adquirir datos de las diversas RTU's por medio de un canal de datos asignado a una estación terrena y que cuenta con equipo de radio multidireccional, asociadas a la estación de radio maestra.

- d) La velocidad que se pretende utilizar para los enlaces por vía Satélite es de 9.6 kbps.
- e) Considerar el consumo de energía en los equipos de la estación central (HUB) y en las estaciones terrenas remotas (ETR).
- f) Realizar pruebas ambientales para el equipo satelital y compartimentos a prueba de agua.

3.2 SISTEMA SATMEX 5

Para el propósito del proyecto se utilizarán los servicios del satélite Satmex 5, considerando las siguientes características:

Satmex 5 fue fabricado por Hughes Space & Communications, en California, Estados Unidos. La vida útil esperada es de más de 15 años y fue puesto en órbita por un cohete francés de Arianespace.

Satmex 5 es un satélite geoestacionario de la familia HS601 HP de alta potencia y de estabilización triaxial, su diseño lo dota con más de 7000 Watts de potencia para la operación de su carga útil; posee celdas solares de arsenuro de galio, baterías y sistema de propulsión con tecnología de punta, lo que le facilita operar 24 transpondedores de banda C y 24 de banda Ku de alto poder.

Su capacidad en banda Ku permite la transmisión de señales de televisión directa al hogar a antenas menores de 1 metro de diámetro; su PIRE y sus márgenes de G/T le dan capacidad para proporcionar servicios de comunicaciones comerciales, tales como telefonía internacional, radiodifusión digital, televisión analógica y digital, redes de datos y distribución de contenido multimedia.

3.2.1 BENEFICIOS DEL SATMEX 5

Los beneficios que ofrece el Satmex 5, como satélite de comunicaciones son los siguientes:

- a) La potencia efectiva radiada, diez veces superior a los Morelos y tres veces mayor a los Solidaridad y la elevada densidad espectral en sus transpondedores, ofrecen un mejor aprovechamiento del segmento espacial para transmisiones digitales de gran confiabilidad.
- b) Las aplicaciones que operan en formatos DVB alcanzan economías de escalas de importancia al beneficiarse de las características del Satmex 5.
- c) Satmex 5 opera dando soluciones a menor costo total con requerimientos de circuitos asimétricos bidireccionales como la conexión a Internet.
- d) Para los usuarios de servicios ocasionales, Satmex 5 en su banda Ku, ofrece la posibilidad de usar equipos digitales portátiles que reducen los costos de operación, además de hacer más flexible y dinámico el despliegue de sus cuadrillas de noticias y eventos especiales.

La cobertura continental de la banda C de Satmex 5, propicia el crecimiento de la distribución de la televisión por cable y la educación a distancia a costos más competitivos.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SATMEX 5

En la tabla 3.1 se muestran las características generales del Satélite Satmex 5, ubicado en 116.8°W.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Banda C	36 MHz
Banda KU	36 MHz
PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva)	38.0 dBW
Ku 1:	49.0
Ku 2:	46.0
Número de transpondedores	24
G/T	-3.0 db/°K
Ku 1:	1.5
Ku 2:	-1.5

tabla 3.1 Características del Satmex 5.

3.2.3 HUELLAS SATELITALES

En la figura 3.1 se muestra la cobertura (huellas satelitales) del Satélite Satmex 5, que es de alta potencia sobre México, tiene conectividad entre los Estados Unidos y Latinoamérica; además de contar con ángulos de elevación excelentes en Norteamérica y la mayor parte de Latinoamérica.

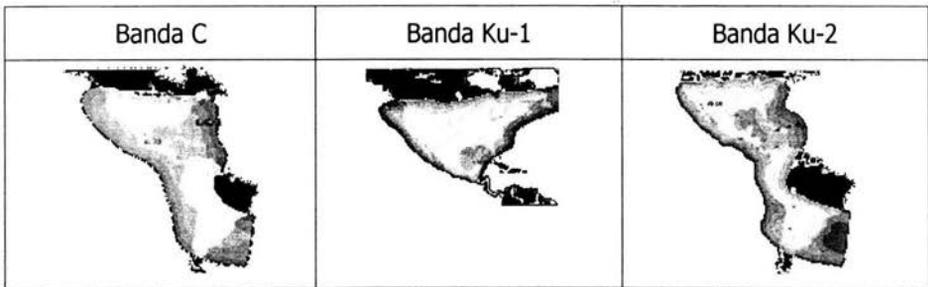


fig. 3.1 Huellas Satelitales del Satmex 5.

3.2.4 ESTACIONES TERRENAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

A continuación en la tabla 3.2 se presentan los ángulos de azimuth y elevación de las antenas terrestres hacia el Satélite Satmex 5 en diferentes ciudades dentro de República Mexicana.

Ciudad	Azimuth	Elevación
Acapulco, GRO	226.31°	62.30°
Cancún, Q. ROO	238.11°	48.09°
Ciudad Juárez, CHIH.	199.10°	51.39°
Culiacán, SIN.	201.54°	59.14°
Chihuahua, CHIH.	201.56°	54.56°
Chilpancingo, GRO.	225.93°	61.40°
Guadalajara, JAL.	214.16°	61.34°
Hermosillo, SON.	191.87°	55.49°
León, GTO.	216.76°	59.85°
Matamoros, TAMPS.	218.74°	52.89°
Mazatlán, SIN.	204.92°	60.41°
Mérida, YUC.	235.13°	50.67°
Mexicali, BCN	182.44°	51.97°
México, D.F.	223.77°	59.62°
Monterrey, N.L.	214.33°	54.81°
Morelia, MICH.	219.79°	60.79°
Oaxaca, OAX.	231.27°	59.49°
Puebla, PUE.	225.88°	59.18°
Tampico, TAMPS.	222.24°	56.31°
Tijuana, BCN	179.59°	52.33°
Veracruz, VER.	228.92°	57.41°
Villahermosa, TAB.	235.11°	55.52°

tabla 3.2 Estaciones Terrenas.

El satélite Satmex 5 reemplazó al satélite Solidaridad II, y representa la tercera generación satelital de México, una poderosa herramienta para proporcionar más opciones a las regiones.

El diseño de Satmex 5 permite que el satélite proporcione servicios como negocios, comunicaciones, distribución de televisión, programas educativos y otros, con gran rentabilidad, desarrollo y valor adicional. El área de cobertura geográfica de la banda KU será capaz de recibir los servicios directo en casa con una antena pequeña de 60. cm; los márgenes de PIRE y G/T para los peores casos son más que suficientes para transmitir en formato digital.

3.3 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

Se requieren grandes capacidades de canales, y en consecuencia, anchos de banda más grandes, por tal razón se eligen frecuencias altas, y por lo general en la banda de ondas centimétricas. Para el caso del sistema de telecomunicaciones propuesto se propone utilizar:

- a) Para frecuencia ascendente de 5.925 a 6.425 GHz en banda C y de 14.00 a 14.50 GHz en banda KU.
- b) Para frecuencia descendente de 3.70 a 4.20 GHz en banda C y de 11.70 a 12.20 GHz en banda KU.

3.4 PARÁMETROS DEL ENLACE

3.4.1 RUIDO

El ruido se considera como toda señal eléctrica indeseable que contribuye con energía en el receptor y distorsiona la señal deseada (información). Existe ruido interno, el cual es generado en la parte electrónica del receptor; así como el ruido externo que se genera por las radiaciones de los cuerpos emitidas en el campo de vista de la antena receptora. Las principales causas de ruido son:

- a) En la antena del satélite lo genera la tierra.

b) En la antena de la estación terrena lo generan gases atmosféricos, lluvia, fuentes galácticas y cósmicas, el sol y por interferencia de otros transmisores (satélites o microondas terrestres)

Una vez que la señal deseada y el ruido se han combinado, no pueden separarse, y cualquier amplificador, amplifica a ambos. Por lo tanto, el ruido limita la calidad del sistema; no la ganancia del amplificador.

3.4.2 TEMPERATURA DE RUIDO

La temperatura de ruido permite evaluar el funcionamiento de los convertidores o LNB (Low Noise Block).

La temperatura de ruido de una fuente que genera ruido, es la temperatura a la que un elemento pasivo de referencia (por ejemplo, una resistencia) generaría la misma cantidad de ruido que la fuente, la cual se obtiene por la ecuación 3.1.

$$T = \frac{P}{KB} = \frac{P_o}{K} \quad \text{.....Ecuación 3.1}$$

Donde:

P = potencia del ruido térmico (W)

P_o= potencia del ruido térmico de salida (W)

K = constante de Boltzmann = 1.38×10^{-23} (J/°K)

T = temperatura absoluta (°K)

B = ancho de banda (Hz)

3.4.3 RELACIÓN PORTADORA SOBRE RUIDO

La calidad total del enlace, a nivel portadora (señal), teniendo en cuenta todas las contribuciones de ruido que pueden añadirse al sistema, puede calcularse mediante la relación portadora sobre ruido descrita en la ecuación 3.2.

$$\left(\frac{P}{Ro}\right)_T^{-1} = \left(\frac{P}{Ro}\right)_a^{-1} + \left(\frac{P}{Ro}\right)_d^{-1} + \left(\frac{P}{Ro}\right)_i^{-1} \quad \dots Ecuación 3.2$$

Donde:

$\left(\frac{P}{Ro}\right)_T$ = Cociente de la portadora [P] sobre ruido [Ro] en el enlace total

$\left(\frac{P}{Ro}\right)_a$ = Cociente de la portadora [P] sobre ruido [Ro] en el enlace ascendente

$\left(\frac{P}{Ro}\right)_d$ = Cociente de la portadora [P] sobre ruido [Ro] en el enlace descendente

$\left(\frac{P}{Ro}\right)_i$ = Cociente de la portadora [P] sobre ruido [Ro] de intermodulación en el satélite

3.4.4 CORRECCIÓN DIRECTA DE ERRORES (FEC)

Los sistemas digitales típicamente usan técnicas de corrección de errores avanzados como FEC (Forward error correction) el cual, se utiliza en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos.

La fuente binaria de datos genera información (Rs), la cual es codificada mediante un índice de código (R). El codificador genera una secuencia binaria (Rc) y se calcula mediante la ecuación 3.3:

$$R_c = \frac{R_s}{R}$$

..... Ecuación 3.3

Donde:

R_c = Secuencia binaria (bps)

R_s = Información generada (bps)

R = índice de código

La secuencia de salida codificada se modula y transmite sobre el medio de transmisión o canal. La demodulación se ejecuta al principio del receptor. La salida del demodulador es R_c . La salida del decodificador (R_s) es la salida de datos recobrando 2400 bits por segundo (R_s), como se muestra en la figura 3.2.

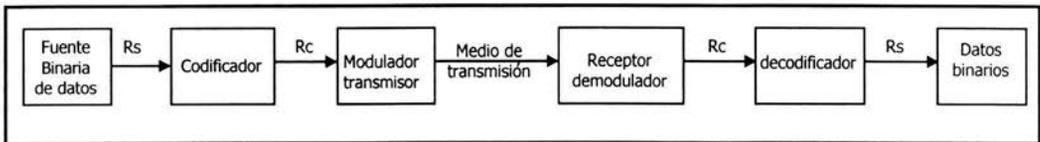


fig. 3.2 Diagrama simplificado de la técnica FEC.

Las ventajas de utilizar la técnica FEC son las siguientes:

- No se requiere un canal de retroalimentación.
- Se trabaja con una Información constante de la eficiencia del canal
- El retraso total del sistema es constante.

Las desventajas de utilizar la técnica FEC son las siguientes:

- Eficiencia de canal moderada, que disminuye al emplearse códigos más avanzados.
- Dificultad en la selección del código de corrección.
- La confiabilidad de los datos recibidos es altamente sensitiva a cualquier degradación de las condiciones del canal.

3.4.5 POLARIZACIÓN DE LA ONDA

La polarización es la orientación de una señal de Radio Frecuencia (RF) en el espacio y existen dos tipos de polarización:

- a) Lineal; Ocurre cuando la dirección del campo eléctrico y la dirección de propagación se encuentran permanentemente en un plano. Puede ser vertical u horizontal.
 - Polarización vertical; Las ondas se emiten con polarización vertical cuando la antena emisora o sus elementos activos tienen posición vertical en ese caso, la antena receptora o sus elementos activos deben estar, asimismo, en posición vertical.
 - Polarización horizontal; Se transmite con polarización horizontal cuando la antena o sus elementos activos tienen esa posición; en ese caso la antena receptora o sus elementos activos deben estar también en posición horizontal.
- b) Circular u ortogonal; Modo de transmisión en que las señales son enlazadas en bajada en un patrón espiral rotatorio. Ocurre cuando al reutilizar frecuencias mediante discriminación por polarización las mismas bandas de frecuencias son transmitidas por las antenas del satélite a través de diferente transpondedor, para lo que utilizan ondas de alta frecuencia. La transmisión de satélite cuya capacidad puede ser doblada mediante el uso de ambas polarizaciones circulares (derecha e izquierda).

El uso efectivo de la polarización tiene algunas ventajas:

- a) Si una señal se transmite usando polarización vertical, otra señal, usando la misma frecuencia de centro, puede transmitirse usando polarización horizontal, hará una interferencia insignificante entre las dos señales debido a su orientación.
- b) Asimismo, se puede transmitir más información por la misma amplitud de banda.

CAPÍTULO 4

FORMATOS DE ENLACE

CAPITULO 4

FORMATOS DE ENLACE

4.1 SISTEMA DE RED PARA EL SATELITE INTEGRADO

Una red típica de comunicaciones de datos, utiliza un gran número de módems y líneas telefónicas para conectar a los usuarios remotos con una computadora matriz o con la unidad de entrada. En lugar de usar muchos módems y líneas telefónicas terrenas, la comunicación vía satélite puede realizarse instalando un sistema ISBN (Sistema de red para satélite integrado) que consta de dos formatos para completar el enlace: una ruta de salida y una ruta de entrada.

4.2 RUTA DE SALIDA

La ruta de salida es un flujo continuo de datos de alta velocidad que opera con una capacidad de información de 512 kbps o 128 kbps. Consta de paquetes de información relacionados entre sí por su longitud variable, creados por los puertos y procesos de supervisión dentro de la Central y direccionados a las Tarjetas Portuarias de destino en las Terminales Remotas. Una Tarjeta Portuaria Remota (RPC) "Remote Port Card", monitorea que los paquetes estén en la ruta de salida correspondiente. Cada paquete se protege individualmente contra-errores mediante una verificación de redundancia cíclica de 16 bits a fin de asegurar que los datos se entreguen intactos.

4.2.1 FORMATO DE LA RUTA DE SALIDA

La ruta de salida "outroute" es un flujo continuo de bits con la técnica TDM, como se muestra en la figura 4.1.

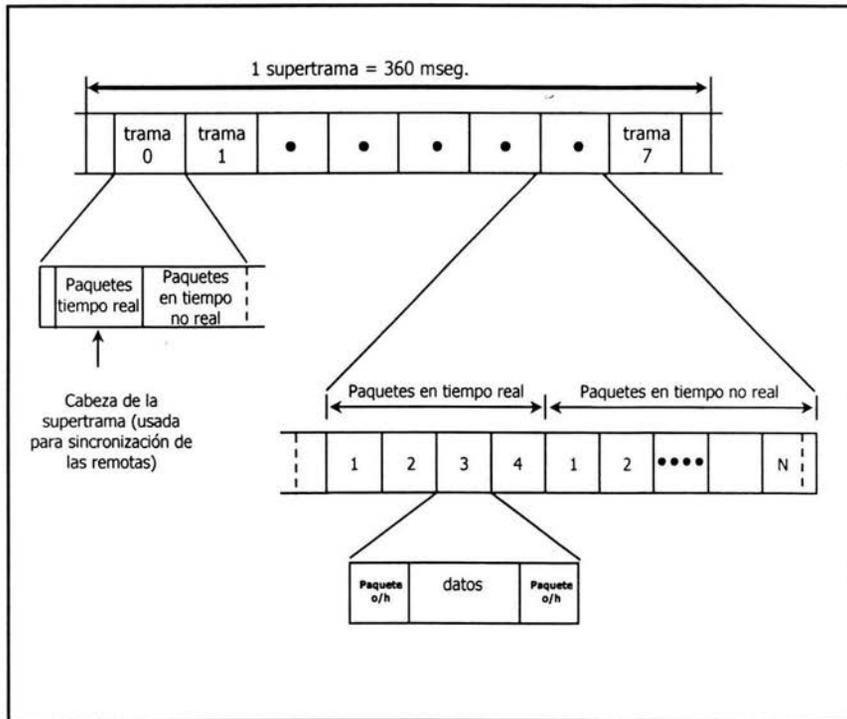


fig. 4.1 Formato de la Ruta de Salida.

Y tiene las siguientes características:

- El outroute se separa en supertramas (360ms) con 2880 bytes para 512 kbps.
- Cada supertrama contiene ocho tramas, donde en la primer trama se localiza la cabeza de la supertrama, utilizada para sincronizar los remotos durante la operación TDMA y en la última trama puede haber un paquete "rellenador", para completar el espacio libre de la trama.
- Cada trama puede contener paquetes de tiempo real que garantizan la opción de transmitir al principio de cada trama; y tiempo no-real que puede colocarse en cualquier trama delimitada, excepto en la última trama.

4.2.2 TIPOS DE RUTA DE SALIDA

Los tipos de ruta de salida varían directamente del flujo de datos que se distribuyen por la banda de frecuencia y son:

- a) 512 kbps.- se utiliza normalmente para redes dentro del país.
- b) 128 kbps (sin distribuir).- en algunos casos se utiliza fuera del país.
- c) 128 kbps (distribuidos).- un flujo de datos de 128 kbps se distribuye sobre la misma banda de frecuencia ocupada por una ruta de salida de 512 kbps. Los reglamentos FCC limitan la densidad de potencia (por Hz de frecuencia) permitida para las portadoras VSAT. Distribuir el flujo de datos de 128 kbps sobre una banda de frecuencia mayor, permite usar más potencia de bit/seg. Además permite el uso de antenas más pequeñas en la instalación remota. Los flujos de 128 kbps distribuidos en las rutas de salida, se utilizan cuando un remoto transporta en promedio, relativamente menos tráfico.

4.2.3 FORMATO DE LA TRAMA Y SUPERTRAMA DE LA RUTA DE SALIDA

Periódicamente la Central inserta dentro de la ruta de salida un paquete de sincronización de tiempo, conocido como cabecera "header" de la supertrama, cuyo fin es sincronizar las terminales remotas de la red con la Central. El header de la supertrama es similar en formato a los paquetes de datos, pero contiene una dirección reservada. El primer bit del header marca la dirección, al principio de la supertrama. El período entre los paquetes de sincronizaciones, es decir, el tiempo de la supertrama, es de 360 milisegundos. El header sostiene un contador giratorio de 16 bits, conocido como número de la supertrama, el cual se incrementa con cada transmisión del header. Este número identifica a la supertrama. La ruta de salida se divide posteriormente en tramas, cada una con 45 milisegundos de longitud. Hay ocho tramas por cada supertrama, numeradas del 0 al 7.

Las fuentes de los paquetes de la central se dividen en dos categorías: tiempo real y tiempo no-real. Las fuentes de tiempo real garantizan la opción de transmitir exactamente

una vez cada trama, esto es, cada 45 milisegundos. Las fuentes de tiempo no-real sólo dan la opción de transmitir tan rápido como sea posible de acuerdo al ancho de banda remanente en la ruta de salida. La ruta de salida se asigna por demanda cuando una fuente no utiliza la opción de transmitir, a menos que tenga uno o más paquetes por enviar.

Una vez por trama, la Central permite que cada fuente de tiempo real tenga la opción de transmitir sus paquetes, esto es al principio de la trama. Posteriormente da a las fuentes de tiempo no-real la opción de transmitir. La central permite que un paquete de tiempo no-real se posicione en los límites de una trama, pero no en los límites de su supertrama. Cuando existen períodos de tiempo dentro de una supertrama y la Central no tiene paquetes que transportar, rellena ese tiempo innecesario con paquetes nulos. Un paquete nulo se identifica por una dirección nula.

La Central asigna el ancho de banda y limita a cada fuente de paquetes de tiempo real, de modo que nunca habrá más paquetes de tiempo real que los que quepan dentro de una trama.

4.2.4 MENSAJES DE SUPERVISION

Para manejar una red, se operan dentro de la Central diversos procesos de supervisión. Estos procesos transmiten los paquetes supervisores necesarios sobre la ruta de salida hacia las terminales remotas. El jefe de estos paquetes es el header de la supertrama, el cual maneja parámetros fundamentales para la operación de la red. La Central envía un paquete una vez por supertrama al inicio del mismo, después se envían todos los demás paquetes supervisores en tiempo no-real sólo los paquetes que deben recibirse con tiempo exacto, por ejemplo, los encargados de cambios en la asignación del ancho de banda, se envían en tiempo real. El diseño del sistema garantiza que estos paquetes supervisores de tiempo-real tomen sólo una porción limitada de cualquier trama de la ruta de salida.

Con el propósito de acceder al enlace espacial, la arquitectura del sistema organiza los puertos Centrales en grupos conocidos como troncales. Cada troncal opera ya sea en una fuente de tiempo real o no real. Una troncal Central incluye uno o más puertos Centrales.

4.2.5 FLUJO

El operador Central configura cada troncal para el acceso de la ruta de salida de tiempo real y no-real. El operador Central configura los puertos de voz para el acceso de la ruta de salida de tiempo real, además configura las troncales que transportan todos los demás tipos de tráfico para el acceso de la ruta de salida de tiempo no-real.

Antes de que un puerto Central de voz pueda transmitir paquetes, este debe asignarse el ancho de banda de la ruta de salida. El puerto de voz solicita la asignación a través de un proceso supervisor de asignación de flujo de la ruta de salida y no puede transmitir hasta que reciba la asignación. La asignación contiene el número máximo de bits que el puerto puede transmitir por cada trama de la ruta de salida, este tipo de asignación garantiza al puerto un número mínimo de bits continuos por segundo de transmisión. Este método de transmisión de datos sobre la ruta de salida se conoce como transmisión de flujo.

4.2.6 TIEMPO NO-REAL

Si existe un tráfico pequeño de tiempo real, un puerto de tiempo no-real puede ser capaz de transmitir con una capacidad mayor de bits que el puerto de tiempo real, ya que no está restringido a una asignación máxima. También difiere de un puerto de tiempo real, en que no tiene garantizada una capacidad mínima de bits. El puerto de tiempo no-real es sondeado (poleado) cuando existe un ancho de banda disponible en la ruta de salida. El operador Central configura una troncal de tiempo no-real asignándole una clase de servicio. Esta clase de servicio indica la porción del ancho de banda de la ruta de salida disponible para los puertos de la troncal relacionada con otros puertos de tiempo no real, esto se hace ajustando la frecuencia relativa de sondeo (poleo) de la troncal.

La organización de la ruta de salida se muestra en la figura 4.2.

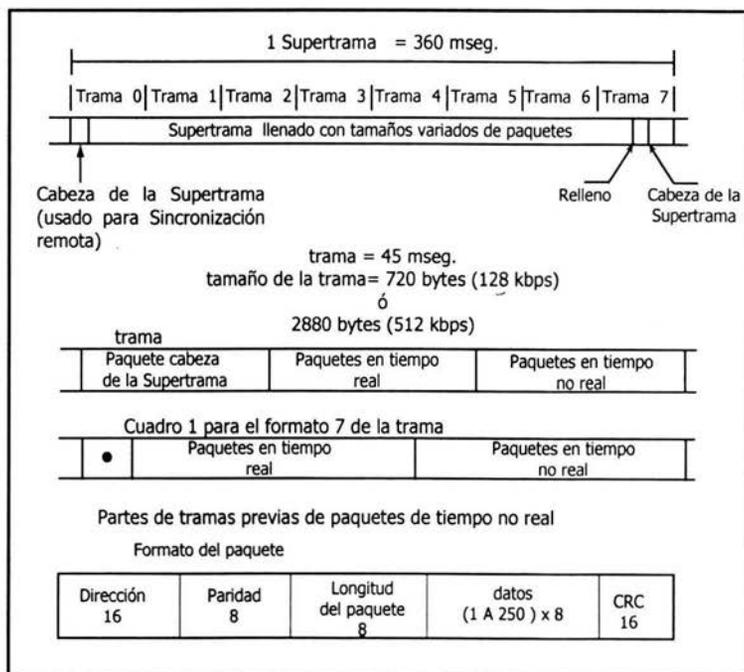


fig. 4.2 Organización de la Ruta de salida.

4.3 RUTA DE ENTRADA

4.3.1 FORMATO DE LA RUTA DE ENTRADA

La ruta de entrada (inroute) es un grupo de tramas como se muestra en la figura 4.3.

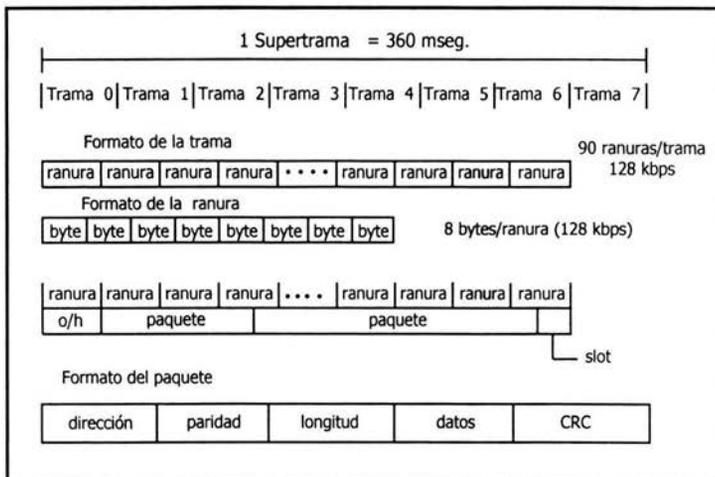


fig. 4.3 Formato de la ruta de entrada.

- La ruta de entrada se separa en supertramas y en tramas similares a la ruta de salida.
- La trama de la ruta de entrada se divide posteriormente en un número entero de ranuras (slots).
- Una terminal remota transmite utilizando un pulso, el cual es un número integral de slots.

4.3.2 FORMATO DE LA TRAMA

Hasta 32 rutas de entrada pueden asociarse con una ruta de salida. El volumen de datos para cada ruta de entrada puede ser de 65 kbps. Cada ruta de entrada de una red es un flujo de datos de acceso múltiple con división de tiempo independiente (TDMA). La ruta de entrada como la ruta de salida, está subdividida en supertramas (360 mseg), y tramas (45 mseg), con ocho tramas por supertrama. El formato de una trama en la ruta de entrada individual, es muy diferente de una trama de la ruta de salida.

La ruta de entrada está dividida en un número integral de ranuras que es un número integral de 8 bits, por lo que una ranura de 128 kbps tiene 8 bytes de longitud.

La transmisión desde cualquier puerto de una terminal remota se conoce como pulso. Un pulso puede no caber en los límites de la trama. Un pulso comienza en un límite de una ranura y toma un número integral de ranuras. Un pulso consta de:

- a) Una ranura individual con su elevación (preámbulo, más el tiempo de protección)
- b) Uno o más paquetes-formateados exactamente como los paquetes de ruta de salida, con un número integral de bytes. Los paquetes no necesariamente empiezan y terminan en los límites de las ranuras.
- c) Espacio inactivo.- espacio sobrante al final del pulso, un número integral de bytes.

Las ranuras que conforman una trama, que se asignan a las diferentes clases de tráfico que transporta una ruta de entrada, tienen las siguientes características:

- a) Flujo Radial; utilizado para comisionar un remoto dentro de una red, es decir, hace que un remoto instalado recientemente opere en la red por primera vez. Comisionar un remoto incluye ajustar correctamente la potencia y el tiempo de desplazamiento.
- b) Flujo; Un puerto remoto que tiene un flujo, tiene la garantía de una porción fija en uno, dos, cuatro u ocho tramas de la supertrama de la ruta de entrada.
- c) Reservación de transacción; Todos las ranuras no ocupadas con flujos y Aloha, están disponibles para la reservación de la transacción del tráfico del usuario. Un puerto remoto obtiene la asignación de ranuras para una reservación de transacción, enviando un mensaje a la Central. La Central envía un mensaje de respuesta que identifica las ranuras del puerto autorizado para su uso.
- d) Usuario Aloha; Sección de la trama para datos del usuario compartidos entre los puertos remotos que operan de acuerdo con el protocolo.
- e) Control Aloha; Sección de la trama compartida entre los puertos remotos para transportar los mensajes de supervisión de acuerdo con el protocolo de ranuras Aloha. El canal de Control Aloha transporta mensajes de supervisión, los cuales pueden ser respuesta a un mensaje de ruta de salida o bien no haber sido solicitados.

- f) Ranuras en respuesta al Sondeo (Poleo); un subgrupo de ranuras del control Aloha se reservan para transportar las respuestas de saludo y estado.

En la figura 4.4 se muestra donde aparecen las diversas clases de tráfico en una trama de ruta de entrada.

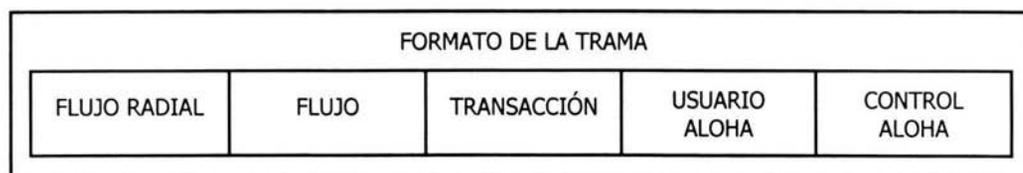


fig. 4.4 Clases de tráfico de la Ruta de Entrada.

4.3.3 FLUJO RADIAL

El operador Central puede configurar uno o más rutas de entrada utilizando el flujo radial. El tamaño de flujo, aunque es configurable, normalmente tiene 7 ranuras de longitud para una ruta de entrada de 128 kbps y 8 slots de longitud para una ruta de entrada de 64 kbps. Comisionar un remoto es el proceso de traer un nuevo remoto dentro de una red y esto se hace ajustando correctamente el nivel de potencia de transmisión de la instalación remota y sincronizando el tiempo de desplazamiento.

4.3.4 FLUJO

El operador Central configura el método de transmisión (flujo, transacción o usuario Aloha) que puede utilizar un puerto remoto para acceder un ancho de banda en la ruta de entrada. Cuando un RPC tiene puertos múltiplex configurados para el acceso del flujo, los puertos comparten un mismo flujo. La descripción general de transmisión de flujo se muestra en la figura 4.5 y se describe a continuación:

1. Cuando el puerto tiene un paquete para transmitir (y el RPC ya no tiene un flujo), la tarjeta portuaria solicita un flujo a la Central. Solicita un cierto número de ranuras contiguas e indica

si necesita el acceso a la ruta de entrada en cada trama (8 por supertrama), una trama sí, otra no (4 por supertrama), dos veces (2 por supertrama) o una vez (1 por supertrama). Indica en la solicitud si la Central debe intercambiar el remoto a otra ruta de entrada e indica su ruta de entrada actual. Un puerto remoto señala que un intercambio de ruta de entrada puede ocurrir sí:

- a) El operador Central configuró el remoto para permitir el intercambio de la ruta de entrada.
- b) El remoto no tiene ya un flujo asignado en uno de sus puertos

2.- Si es posible, la Central asigna ranuras y regresa la autorización que indica en cual ruta de entrada, en cuales tramas de la supertrama y en cuales ranuras dentro de una trama, puede transmitir un pulso la tarjeta portuaria. La Central asigna el flujo en la ruta de entrada en cuanto le es posible. La Central sólo intercambia el remoto a otro en la ruta de entrada cuando no hay espacio disponible en la ruta de entrada actual y cuando la solicitud de flujo indica que es permisible un intercambio de la ruta entrada.

3.- Si es necesario, el remoto intercambia a la ruta de entrada designado y entonces la tarjeta portuaria puede transmitir el pulso en la trama y ranuras autorizadas. El RPC puede insertar todos los paquetes que quepan dentro del pulso.

4.- Cuando el RPC determina que ya no necesita acceder a la ruta de entrada, envía un mensaje a la Central, la cual retira la autorización RPC y desasigna las ranuras para el remoto. Un remoto vuelve a intercambiar a su ruta de entrada habitual cuando ha liberado todos sus flujos.

El acceso al flujo es óptimo cuando los datos del usuario tienen un volumen estable de bits. El acceso de flujo en cada trama minimiza la demora. Una vez por supertrama, el flujo necesita que su elevación por byte de datos del usuario, sea menor al flujo en cada trama.

Dos veces por supertrama y cuatro veces por supertrama se proporciona una flexibilidad adicional para lograr el rendimiento total vs. demora en la operación.

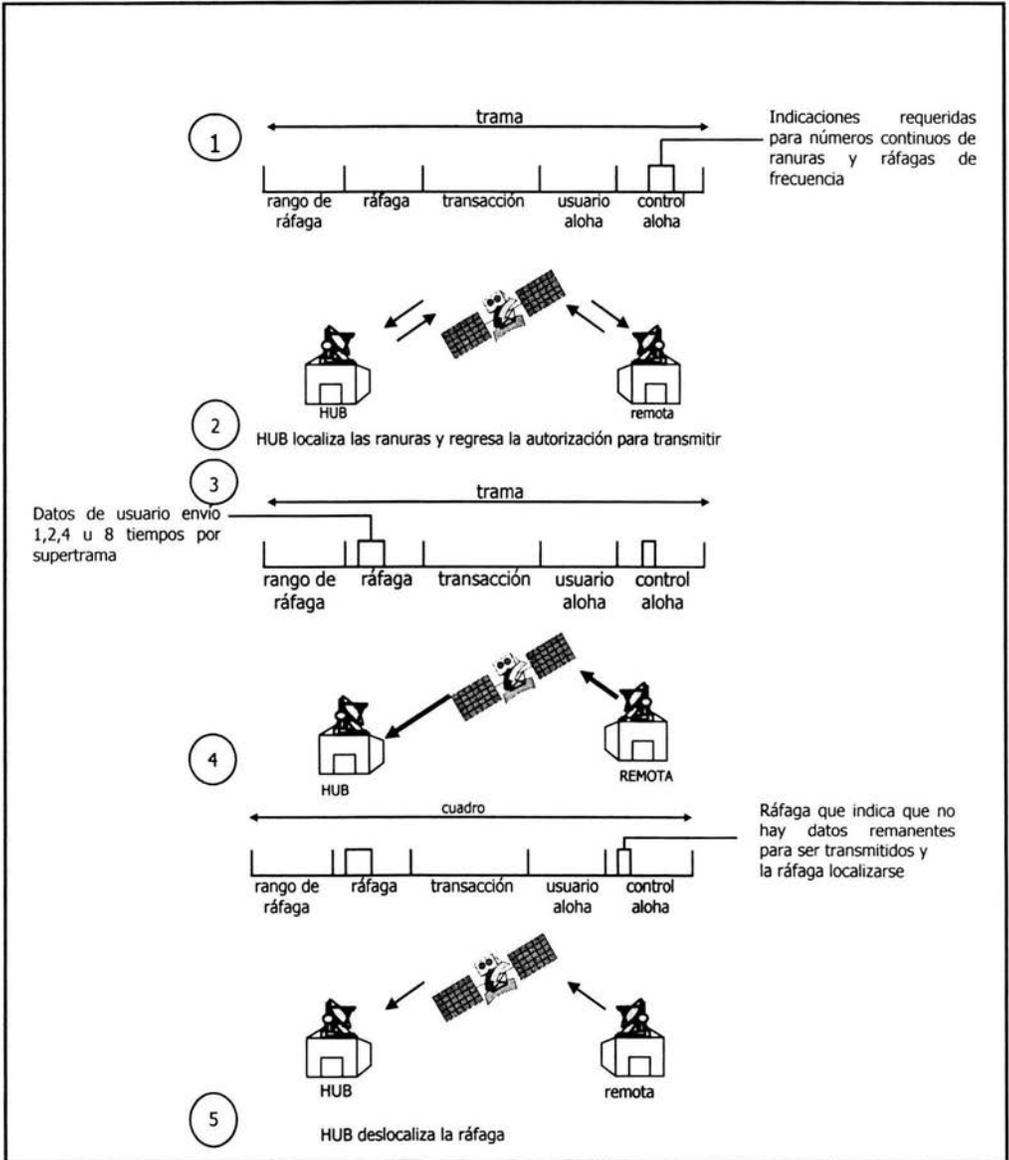


fig. 4.5 Transmisión de Flujo.

4.3.5 RESERVACIÓN DE LA TRANSACCIÓN

Una tarjeta portuaria remota con puertos configurados se encarga de que la reservación de transacción accese a la ruta de entrada como se indica a continuación:

1. Cuando una tarjeta portuaria remota configurada para reservación de transacción determina que tiene uno o más paquetes listos para transmitirse a la Central, envía una solicitud de transacción a la Central, a través del canal del control Aloha. La solicitud incluye el número de paquetes y sus tamaños. También se incluye la solicitud de espacio para la próxima transacción de paquetes. Es decir, se reserva el espacio para una transacción "en cascada".
2. La Central asigna un grupo de ranuras y regresa el mensaje de respuesta al puerto remoto. La respuesta incluye un juego de descriptores de pulso. Un descriptor de pulso identifica el número de la supertrama, el número de la trama, el número de ranuras de inicio y la longitud del pulso en las ranuras. La Central mide los descriptores de pulso para que concuerden con las longitudes solicitadas para los paquetes.
3. Posteriormente, el puerto remoto transmite tantos paquetes como quepan dentro de los pulsos. Si hay más paquetes que puedan acomodarse, el puerto envía otra solicitud de transacción cuando el primer paquete está en el primer pulso. Esto se conoce como una solicitud "en cascada".

La reservación de transacción es mejor que la transmisión de flujo cuando:

- a) La demora mínima no es crítica; y
- b) Cuando los datos del usuario llegan esporádicamente y con un volumen variable.

El sistema consta de una Central y muchas estaciones terrenas remotas, que cuentan con las siguientes características:

- a) El equipo central se interconecta con la matriz del usuario (Hust).
- b) Las remotas se interconectan con el equipo remoto del usuario.
- c) El centro de control permite monitorear y controlar todo el sistema ISBN.
- d) La central transmite datos e información de supervisión a las remotas a través de una ruta de salida (outroute), a 512 kbps con una técnica de modulación por división de tiempo (TDM).
- e) Las remotas transmiten datos de información de supervisión a la central a través de la ruta de entrada (inroute), a 128 kbps con una técnica de modulación FDMA/TDMA.
- f) Una red del ISBN cuenta con una ruta de salida y opcionalmente muchas rutas de entrada, que pueden llegar a ser hasta 32 rutas.
- g) Se pueden acomodar muchas redes sobre un transpondedor.

CAPÍTULO 5

ESTACIÓN PERSONAL TERRENA (PES)

CAPITULO 5

ESTACIÓN PERSONAL TERRENA (PES)

5.1 ESTACIÓN PERSONAL TERRENA

El Sistema de la Estación Personal Terrena (PES) facilita comunicaciones de TV, datos, voz y sólo-recepción. Existen dos formas de comunicación entre una Instalación Central Individual (Estación Maestra) y muchas otras instalaciones descentralizadas (Estaciones Personales Terrenas o Remotas), a través de un enlace espacial de satélite geosíncrono, siendo la ruta de entrada y la ruta de salida.

En la figura 5.1 se muestra cómo el Sistema PES reemplaza las "líneas terrestres" costosas, brindando una red expandida más flexible con arranques más rápidos desde el lugar de trabajo.

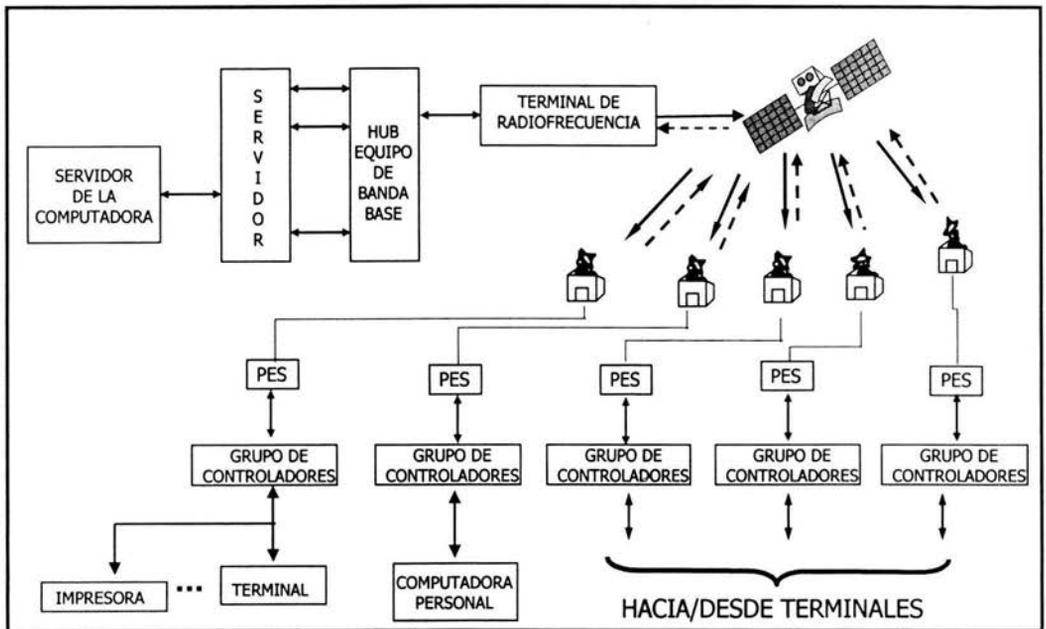


fig. 5.1 Sistema PES que reemplaza líneas terrestres.

5.1.1 SUBSISTEMAS PES

Un sistema PES consta de los siguientes subsistemas:

- a) Un Subsistema Central de Control Individual (SCCI),
- b) Una Estación Central Terrena (Central)
- c) Múltiples remotos de la Estación Personal Terrena (PES), que también se conocen como estaciones o instalaciones remotas.

El SCCI brinda la interface entre el operador Central con el sistema. Las instalaciones remotas se localizan en donde los usuarios generalmente tienen pocos requerimientos de comunicación.

En la figura 5.2 se muestran los tres subsistemas y su conectividad. A través del enlace espacial de satélite se comunica un remoto con una central individual. El SCCI generalmente se instala con una central individual, aunque es posible que un SCCI pueda manejar más de una central.

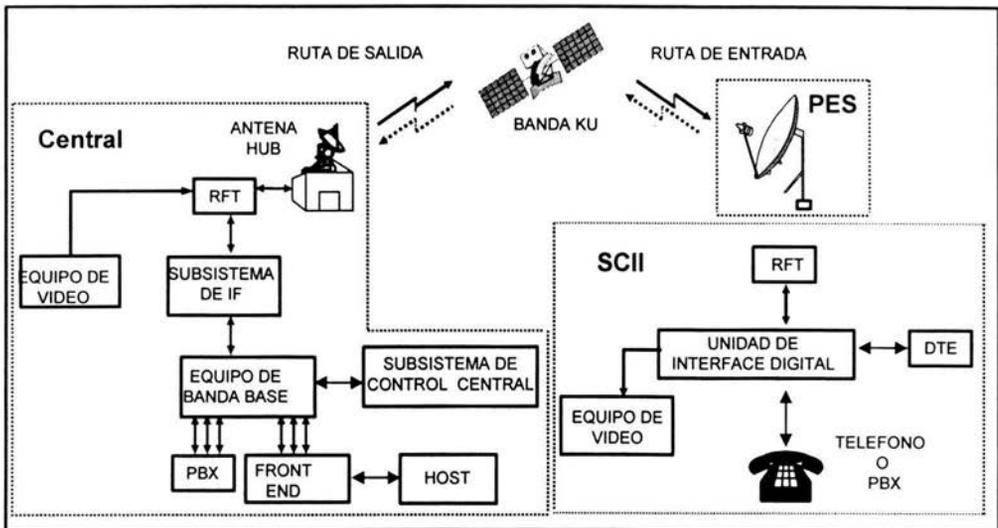


fig. 5.2 Sistema típico PES.

En conjunto con el Satélite, el Sistema PES puede considerarse como el clásico Equipo de Comunicaciones de Datos (DCE), que se encarga de apoyar al Equipo Terminal de Datos (DTE) del usuario. Una interfaz individual a un DTE se conoce como un puerto. Una troncal de Puertos de Datos (DPC) es una central para los puertos de datos. Una troncal de Puertos de Voz (VPC) es una central para los puertos de voz.

5.2 ACCESO AL ENLACE ESPACIAL

5.2.1 ORGANIZACIÓN DEL ENLACE ESPACIAL

Una central y sus instalaciones remotas están organizadas en una o más redes. Una red cuenta con equipo donde se encuentra instalada la Central y desde ahí apoya a cierto número de puertos y a muchas instalaciones remotas. Una instalación remota opera dentro de una red individual a la vez.

La red PES apoya directa y exclusivamente las comunicaciones central a remoto y remoto a central. Las comunicaciones remoto a remoto o central a central son apoyadas por equipo externo. Una red PES cuenta con una Central Individual que va a una ruta de salida del enlace espacial remoto y con 1 a 32 remotos que van a las rutas de entrada del enlace espacial Central. La ruta de salida y la ruta de entrada se transportan por un transpondedor individual de satélite. Los puertos centrales de una red transmiten a los puertos remotos a través de una portadora individual RF la ruta de salida compartida, que tiene un volumen acumulado de datos de 128 kbps o 512 kbps. Los puertos remotos transmiten a la central a través de una de las portadoras de radiofrecuencia (RF) y la ruta de entrada del enlace espacial de la red, donde cada uno opera con una velocidad de transmisión de 64 kbps o 128 kbps. Las rutas de entrada de una red pueden operar con diferentes volúmenes de datos. Un remoto particular, opera con una sola velocidad de transmisión de datos o funciona solo para recepción.

La jerarquía de las PES es la siguiente:

- a) Un sistema consta de un Subsistema Central de Control Individual (SCCI), una o más Centrales y muchos remotos.
- b) Una Central consta de uno o más grupos de redes, cada uno de ellos interconectado con el SCCI a través de una interface individual de control y de monitoreo.
- c) Un grupo de redes consta de una o dos redes PES.
- d) Una red PES consta de:
 - Un agrupamiento de puertos Centrales que transmiten sobre una ruta de salida individual del enlace espacial y
 - Un agrupamiento de instalaciones remotas que transmiten a través de 1 a 32 rutas de entrada del enlace espacial.

5.2.2 CONECTIVIDAD PORTUARIA

Dentro la red, cada puerto tiene una dirección única. La red apoya dos tipos de conectividad portuaria:

- A. Sesión Punto a punto; Flujo de datos duplex completo (Full duplex) individual, que conecta un puerto central individual con un puerto remoto individual. Para su operación se necesitan dos recursos:
 - a) Una conexión entre la Central y los puertos remotos; Se informa a los puertos la dirección destino que deben tener sus datos, dependiendo del tipo de tráfico, las conexiones pueden ser estáticas o dinámicas. Las conexiones dinámicas se utilizan sólo para tráfico de voz. Las conexiones estáticas se utilizan para todo el tráfico de datos.
 - b) Ancho de Banda Asignado hacia Ambos Puertos; Suministra a la llamada, la capacidad necesaria para comunicar, utilizando porciones de la ruta de salida y de las rutas de entrada del enlace espacial.
- B. Sesión multicast; Flujo de datos desde un puerto central individual hasta múltiples puertos remotos. Una sesión multicast, puede operar sólo para recepción (el remoto sólo recibe), o

puede operar en transmisión/recepción (los puertos remotos se turnan para enviar los datos en la dirección de la ruta de entrada). Para operar una sesión multicast se requieren los mismos recursos, aunque para las sesiones multicast solo de recepción, el puerto Central sólo requiere una asignación del Ancho de Banda.

5.2 ACCESO AL TRANSPONDER

La ruta de entrada para el acceso al transponder del satélite tiene diferentes caminos, muchos métodos de acceso se derivan de TDMA:

- a) Acceso aleatorio Aloha
- b) Aloha Ranurado
- c) Reservación Aloha
- d) Control Aloha

5.3.1 ACCESO ALEATORIO ALOHA

Una de las aproximaciones más simples es TDMA usando acceso aleatorio RA (Random Access), frecuentemente llamada Aloha. El nombre se deriva del trabajo original en un acceso aleatorio de radio en la Universidad de Hawaii. Una terminal VSAT transmite un corto mensaje o paquete aleatorio al HUB. Todas las VSAT's están sincronizadas y pueden transmitir en cualquier tiempo al comienzo de una ranura. Si otra VSAT transmite al mismo tiempo o durante el período de transmisión de la primera VSAT, ambas transmisiones serán interferidas. Ninguna recibirá un reconocimiento de la VSAT, así ambas sabrán que tienen que intentarlo de nuevo (colisiones). Algunas veces cuando una colisión ha sido detectada, cada estación regresa aleatoriamente, en un tiempo predeterminado. Este es el camino para tratar de eliminar una segunda colisión por las mismas dos estaciones enviando los mismos dos mensajes. Las colisiones causan retardo en la transmisión y reducen la eficiencia del canal.

5.3.2 ALOHA RANURADO

Otra forma de Aloha es la llamada Aloha ranurada "slotted Aloha". En este caso, los usuarios pueden transmitir solo en ranuras de tiempo discretas. Con cada esquema, dos o más usuarios solamente pueden chocar con otra si en el comienzo de la transmisión lo hacen exactamente al mismo tiempo. Una desventaja del slotted Aloha son los períodos de tiempo perdidos cuando un mensaje o paquete no se usa en su totalidad. Cada uno de los sistemas requiere una referencia sincronizada de tiempo, que puede considerarse una desventaja.

5.3.3 RESERVACIÓN ALOHA

R-Aloha o Aloha con capacidad de reservación es otra variación de Aloha. Se usa cuando hay solo usuarios con alta intensidad de tráfico y otros usuarios con baja intensidad (esporádico). Los usuarios con alta intensidad de tráfico tienen espacios (ranuras) reservados y las ranuras restantes están con usuarios de baja intensidad de tráfico. Este último grupo opera con bases de contención. Hay muchas variaciones de este sistema de reservación. Un derivado eficiente es el esquema de reservación dinámica cuando un usuario puede requerir ranuras reservadas para secuencias de mensajes múltiples/paquetes o largas filas. El resto de las ranuras usan acceso aleatorio. Reservación TDMA (RES "reservation"/TDMA), en que las notificaciones de VSAT a la estación maestra HUB a través de una ranura de señalización dedicada que desea enviar un bloque de datos. El HUB procesa estos requerimientos y los envía a las ranuras asignadas para la VSAT, al final de la transmisión, esta ranura regresa hacia el equipo para el uso futuro por la VSAT. No hay riesgo de choques ente los paquetes aunque hay un trueque porque la transmisión total de retraso se incrementa.

5.3.4 CONTROL ALOHA

El puerto remoto utiliza el canal de control Aloha para transmitir mensajes de supervisión a la Central, esto es, mensajes que no transportan directamente datos del usuario. Todos los mensajes de supervisión, excepto las solicitudes de transacción "en

cascada”, se enrutan a través del canal de control Aloha. El tamaño máximo para el paquete del control Aloha (24 bytes) es independiente del volumen de bits de la ruta de entrada de todas las rutas de entrada.

El Acceso al transponder se muestra en la figura 5.3.

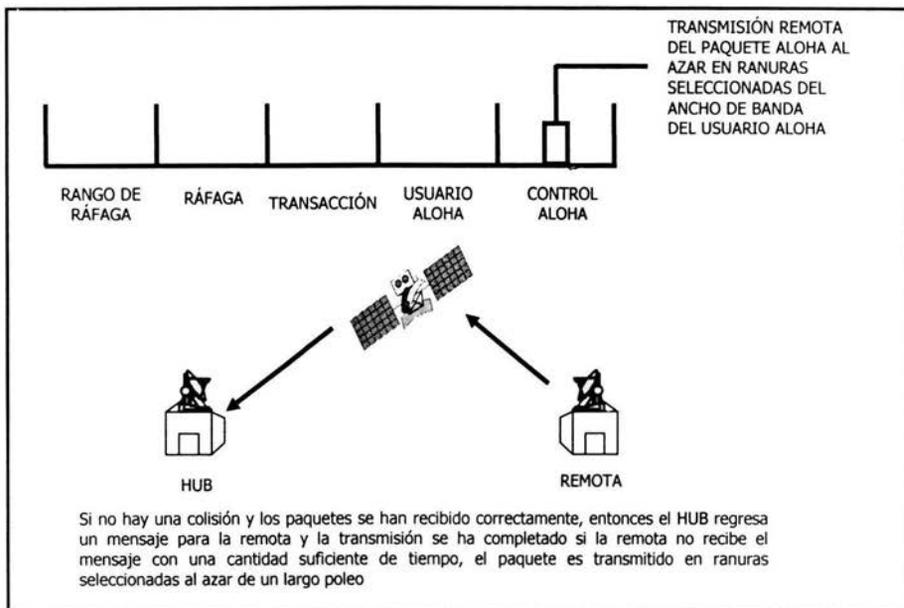


fig. 5.3 Acceso al transponder.

La transmisión del usuario Aloha es efectiva cuando:

- El tráfico del usuario es muy ligero, es decir, cuando un puerto remoto necesita transmitir solo ocasionalmente.
- El tráfico del usuario puede ser arreglado en paquetes de tamaños relativamente uniformes.
- El puerto remoto normalmente transmite un paquete individual a la vez.

El operador Central configura el tamaño máximo que puede tener un paquete de usuario Aloha en cada grupo de la ruta de entrada. Cuando un remoto transmite un paquete de usuario Aloha, transmite tantos paquetes como puedan caber en un canal Aloha. Un canal Aloha está formado por un número integral de ranuras de la ruta de entrada. El Operador Central también configura para cada ruta de entrada, el número de canales del usuario Aloha.

El tráfico del usuario Aloha es transmitido de acuerdo con el protocolo estándar de slots Aloha, el cual puede resumirse de la siguiente manera:

1. Cuando un puerto remoto tiene un paquete para enviar, elige al azar un canal Aloha y transmite el paquete. Si otro puerto remoto eligiera el mismo canal Aloha, el pulso "choca" y la Central no lo recibirá correctamente. Cuando el tráfico es ligero, la probabilidad de choque se reduce.
2. Cuando la Central recibe un paquete Aloha remoto correctamente, regresa el acuse de recibo. Si el remoto no recibe el acuse de recibo dentro de un tiempo límite, determina que la central no recibió el paquete correctamente. Nuevamente el remoto elige un canal Aloha al azar, de entre un gran número de canales y retransmite el paquete.
3. Esta elección que incluye un gran número de canales para poder retransmitir, se conoce como "retroceso del remoto", retroceder un remoto permite al sistema Aloha equilibrar el número de paquetes que se transmiten. Un exceso de tráfico provoca que el número de choques aumente. Si los remotos esperan más tiempo para transmitir sus paquetes, el número de choques disminuye.

5.4 COMPATIBILIDAD DE LOS GRUPOS DE LA RUTA DE ENTRADA

Ciertos aspectos de los grupos de la ruta de entrada deben configurarse de manera compatible a fin de apoyar el intercambio de las rutas de entrada remotas. Cuando un puerto remoto solicita un flujo de información y se intercambia el remoto a otro de la ruta de

entrada, entonces los otros puertos remotos también deben cambiar sus rutas de entrada, incluyendo al puerto remoto que está operando con transacción y al acceso de la ruta de entrada del usuario Aloha. Para que el intercambio de la ruta de entrada pueda ocurrir de forma transparente para los usuarios, todas las rutas de entrada de un grupo deben: .

- a) Operar con el mismo volumen de bits;
- b) Tener el mismo número de ranuras para el estado por supertrama;
- c) Tener canales de usuario Aloha o no tener canales de usuario Aloha, y
- d) Tener el mismo límite superior para el tamaño del paquete, durante la reservación de transacción.

CAPÍTULO 6
ESTACIÓN MAESTRA

CAPITULO 6

ESTACIÓN MAESTRA

6.1 ESTACIÓN SATELITAL CENTRAL

La Estación Satelital Central (HUB), es el lugar en donde se concentrará toda la información proveniente del Sistema de Control de Procesamiento mediante un canal individual por Portadora (SPC) de la red VSAT y desde donde se controlarán y administrarán las operaciones y los recursos de dicha red. La cantidad estimada de SCP's concentradas por esta vía es de aproximadamente 115 a través de 59 estaciones terrenas remotas (ETR).

La Estación Central Satelital de la Ciudad de México contará con una terminal HUB controlando una red de tipo Vsat con funcionalidad híbrida, la cual manejará dos métodos de acceso múltiple que son TDM/TDMA y SCPC/DAMA bajo dos esquemas PES y TES, respectivamente. El sistema PES proporcionará la funcionalidad requerida para comunicar el HUB, donde se ubica el Centro de Control Principal (CCP) con múltiples estaciones remotas, para satisfacer la necesidad de intercambio de información para el monitoreo y control centralizados de las Terminales Remotas (RTU) instaladas en las estaciones de la red nacional de gasoductos de PGPB, así como la conexión de redes LAN de los Centros de Información Remotos (CIR) hacia la red Ethernet de PGPB en Torre Ejecutiva; y el sistema TES proporcionará la interconexión de troncales telefónicas, por demanda, entre los tres sitios designados como CIR's.

Ambos esquemas hacen uso de un transponder de banda ku del satélite "Satmex 5", soportando transmisiones bidireccionales, interactivas o por lote, para datos (síncronos o asíncronos) y para voz (líneas de abonado o troncales). Cuentan además con un sistema centralizado de administración y control de la red.

La red deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) Inicialmente se instalarán alrededor de 60 estaciones remotas del sistema PES en localidades distribuidas en la República Mexicana, más 3 estaciones TES que conformarán una red separada.
- b) En los sitios remotos del sistema PES las estaciones terrenas incluirán la antena, equipo de RF y el equipo de banda base, necesarios para el manejo de tráfico requerido por PGPB.
- c) En los tres sitios TES, las estaciones terrenas incluirán la antena, el equipo de RF y el equipo de banda base, necesarios para el manejo del tráfico de voz y datos descrito, así como los PBX con aparatos telefónicos y Fax.
- d) En los sitios de la estación central, el sistema se proporcionará bajo el concepto de "llave en mano", considerando que la antena y el equipo de RF a utilizarse ya están instalados y operando, de tal manera que la conexión entre el equipo del HUB a instalarse y la RF se hará a nivel de frecuencia intermedia (70 ± 27 MHz).
- e) El sistema satelital propuesto está diseñado para cumplir con una disponibilidad (en ambas direcciones) del 99.5% y una confiabilidad (en una dirección) del 99.9%. Así mismo se cumple con la especificación que marca que cada RTU debe ser poleado una vez por minuto.
- f) Se suministran los cálculos de enlace del sistema satelital, considerando los márgenes de desvanecimiento por lluvia requeridos para lograr una disponibilidad del 99.5%.

Las funciones genéricas que contempla el sistema de control de la red son las siguientes:

- a) Permite la activación y desactivación de uno o más componentes del sistema.
- b) Permite la activación y desactivación de una estación remota o un grupo de ellas.
- c) Es capaz de configurar, administrar y monitorear los componentes del sistema que conforman la red, desde la estación central.
- d) Realiza la función de monitoreo en tiempo real, considerando a todos los componentes de la red e identificando aquellos módulos que están presentando fallas.

- e) El operador puede realizar pruebas "loops" para verificar la calidad de los enlaces vía satélite o para aislar fallas en el sistema. La señal contenida en las pruebas de loop son patrones de bits específicos, de los cuales al recibirse se verifica su integridad.
- f) El sistema posee un conjunto de alarmas visuales y auditivas que alertan al operador en caso de fallas, estas alarmas se pueden programar en diferentes jerarquías.
- g) El sistema tiene bases de datos con información relativa a la configuración de la red (localización, componentes, etc.) y a las estadísticas generales del tráfico que circula por ella, permitiendo generar diferentes tipos de reportes (como fallas en los canales, tráfico, paquetes de usuario, etc.). El sistema de administración tiene la capacidad de desplegar estadísticas del sistema por medio de la consola del operador o por medio de la impresora del sistema.
- h) El sistema guarda una base de datos histórica en donde se registran los eventos que han ocurrido en la red durante aproximadamente el último mes (el archivo es una cola circular con capacidad de 15,000 registros).
- i) Controla la conmutación automática de los módems de la ruta de salida y de los NCC (Network Control Cluster).
- j) Permite cambiar la configuración de la red sin interrumpir la operación normal de los componentes no involucrados, a menos que dicho cambio involucre la carga de otra base de datos de configuración. Realiza la descarga remota desde la estación maestra hacia las estaciones remotas para actualizar, cuando sea necesario el software de las mismas.
- k) El sistema permite programar las siguientes características de las interfaces: velocidad, señales síncronas o asíncronas, modos de reloj, tamaño del paquete, bits de paridad, etc.
- l) El sistema permite programar los diferentes métodos de acceso para la red TDM/TDMA (Aloha ranurado, transacción/reservación y "Stream")
- m) Posee un sistema de seguridad para que el acceso al sistema pueda ser controlado mediante: Tipo de operador, nombre del operador y Password.
- n) El sistema IllumiNET proporciona al operador de la red distintas pantallas y menús, donde se puede consultar la configuración actual de la red y hacer, si así se desea, modificaciones.

- o) El sistema posee un menú tipo árbol, en el cual se puede navegar hasta llegar al mínimo detalle de los componentes de la red.

6.2 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL ENLACE SATELITAL.

Para simplificar el análisis se parte de la suposición de que se cuenta con dos estaciones terrenas situadas en diferentes puntos dentro de la cobertura del Satélite "Satmex 5". En una comunicación unidireccional (simplex), donde se puede identificar un enlace ascendente que va desde la estación transmisora terrestre hacia el satélite, y un enlace descendente que va del satélite a la estación receptora terrestre. Los elementos tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente se describen a continuación.

6.2.1 ELEMENTOS DEL ENLACE ASCENDENTE

- a) Modulador.- Efectúa la modulación de señales de información digital (voz codificada, datos) en una portadora de frecuencia intermedia FI.
- b) Convertidor Ascendente.- Convierte la señal modulada a la banda de radiofrecuencia RF asignada, en nuestro caso Ku.
- c) Amplificador de Alta Potencia (HPA).- Amplifica la potencia de la señal RF, para alimentar la antena.
- d) Antena del Transmisor.- Adiciona ganancia a la señal transmitida por directividad, concentrándola en un haz angosto.
- e) Trayectoria de Propagación.- Trayectoria en el espacio que ocasiona atenuación y distorsión de la señal y le adiciona ruido.
- f) Antena Receptora del Satélite.- Adiciona ganancia a la recepción en el satélite por concentración de la densidad de energía del haz que incide, gracias a que cuenta con un patrón de recepción ancho.
- g) Transponder de Recepción del Satélite.- Sistema de recepción con un cierto ancho de banda de capacidad para dar servicio a una cierta cantidad de usuarios. Recibe la señal incidente, la convierte en frecuencia y la transmite de vuelta a la tierra.

6.2.2 ELEMENTOS DEL ENLACE DESCENDENTE

- a) Transponder Transmisor.
- b) Antena de Transmisión.
- c) Trayectoria de Propagación de bajada.
- d) Antena de Recepción de la estación terrestre.
- e) Amplificador de Bajo Ruido (LNA).- Amplifica la señal concentrada en el alimentador de la antena, discriminando el ruido.
- f) Convertidor Descendente.- Convierte la señal RF a Frecuencia Intermedia y la pasa al Demodulador.
- g) Demodulador.- Recupera la información digital y hace un chequeo de errores.

Cabe notar que, puesto que una comunicación real es bidireccional (full duplex), el equipamiento de una estación incluye todas las funciones de transmisión y recepción de manera simultánea, el Módem modula y demodula, y la antena transmite y recibe al mismo tiempo, separando las señales por frecuencia o por polarización.

6.2.3 PARAMETROS DE DESEMPEÑO EN EL ENLACE

Los componentes principales de RF de una estación terrestre, que contribuyen al desempeño del enlace y al costo de la estación son: la antena, el amplificador de alta potencia y el amplificador de bajo ruido. Ellos determinan la potencia radiada en el enlace ascendente (PIRE) y la sensibilidad del sistema receptor (G/T) respectivamente.

El PIRE de la estación terrestre en dBW es la suma de la potencia de salida en la antena transmisora (entregada por el HPA) y la ganancia de la antena (cuando más angosto es el haz en el que concentra la señal transmitida mayor es la ganancia y la antena requiere ser de mayor tamaño).

El G/T de la estación terrena en dB, es la diferencia de la ganancia de la antena a la recepción y la temperatura de ruido del sistema, la cual depende de la temperatura de ruido del LNA.

El desempeño del satélite esta dado por una característica de transferencia que asocia la potencia radiada por el satélite (PIRE satelital) hacia la región de cobertura sobre la superficie de la tierra, a la densidad de flujo de la señal recibida en el satélite (dependiente a su vez de la potencia radiada ascendente o PIRE de la estación terrestre).

En su paso por la atmósfera, el PIRE de la señal se decrementa ligeramente por la Atenuación atmosférica (absorción y dispersión) principalmente en banda Ku (debido a hidrometeoros), y la señal se puede degradar adicionalmente por ruido de intermodulación o interferencias de enlaces de microondas terrestres.

La calidad de cualquier enlace de comunicaciones está determinada en el extremo receptor por la relación de la potencia de portadora a la densidad de ruido térmico.

El desempeño de un enlace de transmisión de datos se especifica mediante la tasa de errores BER, deseada para una razón de señalización dada, y este BER define el G/T requerido que depende de la modulación y del procesamiento de la señal que se despliega en los sistemas de banda base de la estación terrestre tanto a la transmisión como a la recepción. A mayor razón de señalización se requerirá un mayor G/T lo que resulta en sistemas más caros.

En una transmisión del HUB a la VSAT, el costo de transmisión se minimiza a expensas tanto de la estación central (HUB) como del costo del satélite. Así la terminal HUB del enlace es diseñada con G/T y PIRE muy altos para permitir los diseños VSAT con bajos requerimientos G/T y PIRE. La transmisión de HUB a VSAT consumirá sustancialmente grandes cantidades de recursos del satélite a fin de proporcionar un desempeño satisfactorio.

La transmisión de VSAT a HUB requiere de un mínimo de los recursos del satélite debido al gran tamaño de la estación HUB.

6.3 TIEMPO DE RESPUESTA GENERAL EN LA RED TDM/TDMA "PES"

A) TIEMPO DE RESPUESTA EN ENLACES SATELITALES

Los tiempos de respuesta totales estimados por Hughes Network System, para mensajes de 256 Bytes en ambos sentidos de la comunicación (peor caso), incluyendo retardos por procesamiento, buferización, propagación y sincronización son:

Para la Ruta de entrada = 1413 [ms]

Para la Ruta de salida = 417 [ms]

Por lo que en un enlace satelital puro, el tiempo total de poleo o muestreo para una RTU es de 1.83 seg.

La red propuesta deberá contar con 7 canales de multiplexión que operan simultáneamente. Como cada puerto de conexión a SCADA a 9.6 Kbps ocupa 64 Kbps a nivel del canal satelital:

Si hay 3 rutas de entrada de 128 Kbps c/u, se dará atención simultánea a:

$128 \times 3 \div 64 = 6$ RTU's en la ruta de entrada

Si hay 1 ruta de salida de 512 Kbps, se dará atención simultánea a:

$512 \times 1 \div 64 = 8$ RTU's en la ruta de salida

Si ahora se consideran las aportaciones de ambas rutas en la red, donde se cuenta con:

- 104 RTU's

- 59 Enlaces satelitales (+ 11 PGPB)
- 45 Enlaces sencillos vía radio
- 5 Enlaces vía radio con repetidor

Se puede deducir los tiempos de respuesta:

a) Para la ruta de entrada General:

$$TRI = 45 (TUI) + 5 (TURI) + 104 (TSI)$$

$$TRI = 171.047 \text{ [seg]}$$

Pero como las rutas de entrada y canales de Mux disponibles permiten dar atención a 6 RTU's simultáneamente, entonces se requerirán: $171.047 \div 6 = 28.5 \text{ seg}$ para dar atención a todas las RTU's en la ruta de entrada.

b) Para la ruta de salida General:

$$TRO = 45 (TUO) + 5 (TURO) + 104 (TSO)$$

$$TRO = 66.968 \text{ [seg]}$$

Pero como las rutas de salida y canales de Mux disponibles permiten dar atención a 6 RTU's simultáneamente, entonces se requerirán: $66.968 \div 6 = 11.16 \text{ seg}$ para completar el poleo de todas las RTU's en la ruta de salida.

De lo anterior se deduce que se requerirán 39.67 seg., para efectuar un poleo general full duplex a las 104 RTU's de la red TDM/TDMA PES, satisfaciéndose el requerimiento de polear todas las RTU al menos una vez cada minuto y se cuenta con reserva para posibles expansiones futuras en la red.

6.4 CÁLCULO DE ENLACE

El cálculo de enlace vía satélite es un procedimiento matemático que tiene como finalidad la de obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas, tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el procesamiento que recibe por parte de los equipos (entre ellos al satélite mismo), y a la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

En el contexto del diseño de redes satelitales, el cálculo de enlace constituye la base matemática para el dimensionamiento de los equipos que se utilizan en las estaciones terrenas, en tanto que en la operación de redes, es útil para determinar la cantidad de potencia necesaria para que la comunicación entre dos o más estaciones terrenas se realice con la calidad deseada. Nos referiremos al segundo caso, al de determinar la cantidad de potencia que se necesita para establecer un enlace cuando los equipos de la estaciones terrenas ya fueron seleccionados.

En todo sistema de comunicación la presencia de ruido es algo invariable que genera una degradación de la señal útil. La relación portador a ruido (C/N), se refiere la diferencia existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido existente en el sistema, la utilizaremos como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

La metodología de cálculo que se emplea se basa en dividir al cálculo del enlace satelital en tres partes principales:

- 1) Enlace ascendente
- 2) Enlace descendente
- 3) Evaluación del enlace

Cada una de las partes anteriores aglutinan a una serie de conceptos físicos y procedimientos matemáticos que permiten manejarlos por separado; en las dos primeras partes se trata de obtener las relaciones C/N (portadora a ruido) totales correspondientes, en tanto que en la última parte se determina el margen del enlace.

El margen del enlace es el parámetro que indica la calidad total del enlace, que considera los requerimientos de calidad en la información del equipo receptor y la calidad de la información proporcionada por el enlace.

Cuando se diseña un enlace debe tomarse algún criterio de diseño que fije las condiciones en las que se espera, o bien, se desea que el enlace opere satisfactoriamente, de ahí, que una vez establecidos dichos criterios se consideran si el margen del enlace es bueno o no; en caso de ser satisfactorio, se da por concluido el cálculo y se procede a la recuperación de los valores correspondientes a los parámetros más relevantes como son la PIRE de la estación terrena y la PIRE del satélite por portadora, esto es, las potencias controlables de nuestro enlace. Para el caso en que el margen del enlace no sea el adecuado se realiza nuevamente el cálculo bajo diferentes condiciones de potencia, para lo cual se debe cambiar el valor de la potencia con la que transmite la estación terrena, así hasta obtener los resultados deseados.

Un enlace satelital consiste de un enlace ascendente y uno descendente. La calidad de la señal del enlace ascendente depende de cuán potente sea la señal entregada por el arreglo HPA-antena de la estación terrena transmisora y como la recibe el satélite. En el enlace descendente, la calidad de la señal depende de cuán potentemente puede retransmitir, la señal al satélite y como la recibe el arreglo antena-LNA de la estación terrena destinataria. Dada la gran distancia entre el satélite y las estaciones terrenas y dado que la potencia de la señal radiada disminuye con el cuadrado de la distancia que viaja, las 2 señales ascendente y descendente, son muy débiles y pueden ser fácilmente perturbables por el ruido siempre presente. Adicionalmente, la señal del enlace ascendente puede ser contaminada por señales transmitidas por otras estaciones terrenas hacia satélites adyacentes, y el enlace descendente

puede ser contaminado por señales provenientes de satélites cercanos. Además, la lluvia puede atenuar severamente las señales arriba de 10 Ghz y reducir el aislamiento entre señales polarizadas ortogonalmente en un sistema de reuso de frecuencia.

6.4.1 ANALISIS DE RADIO ENLACE

El análisis del radio enlace da como resultado:

- a) La determinación de la tasa neta Portadora a Ruido (C/N), es decir, determinar la calidad de transmisión que se puede esperar para portadoras de señal entregadas de un punto a otro.
- b) La interpretación de la C/N de enlace para cada servicio en términos de las características de desempeño extremo a extremo.

El cálculo de un enlace se simplifica dividiéndolo en dos secciones: el enlace ascendente y el enlace descendente y se efectúa para cada sentido de la comunicación; es decir, del HUB a la VSAT y de la VSAT al HUB, debiendo entregar como resultado práctico:

- a) La combinación de ganancia de antena y potencia del HPA requeridas en la estación transmisora terrestre para saturar la recepción del satélite (en el Enlace Ascendente), sobreponiéndose a las pérdidas de propagación.
- b) La combinación de ganancia de antena y temperatura de ruido del sistema receptor, sobreponiéndose a las pérdidas de propagación para asegurar una calidad de recepción que permita cumplir con las exigencias de confiabilidad y disponibilidad definidas por las aplicaciones del usuario.

La ecuación 6.1, expresa la tasa de portadora a ruido:

$$\frac{C}{N} [dB] = \frac{C}{N_0} [dB - MHz] - 10 \log B_n [MHz] \quad \dots \text{Ecuación 6.1}$$

Donde:

B_N = ancho de banda de IF de la Estación Receptora

$\frac{C}{N_0}$ = Densidad de Potencia de Portadora a Ruido en Saturación del Receptor

6.4.2 CÁLCULO DE APUNTAMIENTO

Se supone un satélite ubicado a una cierta longitud-øeste en la órbita geosíncrona a una altura de 35,800 km sobre el ecuador. La estación transmisora terrestre se encuentra localizada en el territorio de la República Mexicana con un par de coordenadas (longitud, latitud) específicas; la estación receptora tiene a su vez otro par de coordenadas correspondientes dentro de la misma cobertura.

Se puede mostrar, a través del cálculo de apuntamiento, que el satélite se encuentra a un cierto ángulo de *elevación* sobre el horizonte si es visto desde la estación transmisora terrestre y descansa generalmente hacia el sur-suroeste en un *azimuth* cercano a los 200°. Desde la estación receptora, la elevación y el azimut del satélite tendrán valores diferentes.

Así mismo, la diferencia en longitudes entre la estación terrena y el satélite y la curvatura de la tierra ocasionan que la polarización del transmisor satelital, vista desde la estación terrena, sufra una cierta inclinación, la cual deberá empatarse en la estación terrena.

6.4.3 ANGULO AZIMUTH

Se utilizan los ángulos de azimuth y elevación, para determinar la ubicación de alguna estrella u objeto celeste (en este caso el satélite). El ángulo de azimuth, es el ángulo entre la proyección de la estrella polar sobre el horizonte local, medido a lo largo del horizonte de la estación terrena. El Norte esta a 0 grados de azimuth, el Este a 90 grados, el Sur a 180 grados y el oeste a 270 grados y se obtiene utilizando la ecuación 6.2.

$$A = 180 + \text{Tan}^{-1} \left[\frac{\text{Tan}(\theta_s - \theta_l)}{\text{Sen}\theta_i} \right] \quad \dots\text{Ecuación 6.2}$$

Donde:

A= Ángulo de azimuth

θ_s = Longitud del satélite

θ_l = Longitud de la estación terrena

θ_i = Latitud de la estación terrena

El resultado se expresa en grados que se miden en sentido de las manecillas del reloj a partir del norte geográfico.

6.4.4 ANGULO DE ELEVACIÓN

El ángulo de elevación indica la inclinación que se le debe dar a la antena de la estación terrena con respecto al plano horizontal para orientarla hacia el satélite Satmex 5.

El valor aproximado de la elevación suele ser un ángulo cercano al complementario de la latitud. Es decir ángulos cada vez menores conforme nos desplazamos hacia el Norte y se expresa en la ecuación 6.3.

$$E = \text{Tan}^{-1} \left[\frac{(r - R_e \text{Cos}\theta_i \text{Cos}|\theta_s - \theta_l|)}{R_e \text{Sen}[\text{Cos}^{-1}(\text{Cos}\theta_i \text{Cos}|\theta_s - \theta_l|)] - \text{Cos}^{-1}(\text{Cos}[\text{Cos}\theta_i \text{Cos}|\theta_s - \theta_l|])} \right] \quad \dots\text{Ecuación 6.3}$$

Donde:

r= 42164.2 km- Radio de la órbita geoestacionaria

Re = 6378.155km-Radio de la tierra

H= 35786.045 - Distancia del satélite al ecuador

θ_s - Longitud del satélite

θ_L - Longitud de la estación terrena

θ_i - Latitud de la estación terrena

El resultado se expresa en grados que se miden del plano de tierra hacia el cenit.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Las redes de satélite VSAT consisten en pequeñas terminales con antena localizadas en los terrenos donde se desea obtener información, las estaciones remotas cuentan con una terminal remota de tipo VSAT, asociada a una red satelital con el objetivo primario de establecer un enlace directo al Centro de Control Principal (CCP) del sistema SCADA en la Ciudad de México e intercambiar información para monitorear y controlar la RTU (Remote Terminal Unit) instalada en los ductos de gas de las estaciones.

Existen satélites que tienen una cobertura en toda la ciudad de México con una excelente señal reforzada como el Satmex 5. El servicio satelital instalado en cualquier lugar de México tiene una gran probabilidad de crear una comunicación confiable dado que los satélites existentes cuentan con una cobertura en toda la Cd. de México y por su excelente señal reforzada, es posible la realización del presente proyecto.

La red satelital opera con la técnica de acceso múltiple TDM/TDMA para comunicar un HUB (Head Unit Base) con múltiples estaciones remotas para satisfacer la necesidad de monitoreo y control centralizados de SCADA. Dicho esquema hace uso de un transpondedor de banda ku del satélite "Satmex 5", que soporta transmisiones bidireccionales, interactivas o por lote, para datos (síncronos o asíncronos) y para voz (líneas directas); Cuenta además con un sistema centralizado de administración y control de la red. La estación HUB se localiza usualmente en un centro de procesamiento de datos centrales.

Se propuso que el acceso al sistema sea TDMA y el tipo de modulación PCM, ya que la aplicación del sistema vía satélite está basado en un sistema de comunicaciones que ofrece opciones para la optimización de costos, sin embargo, para aplicación de datos, el sistema SCADA requiere típicamente de un volumen bajo de datos que se transmiten en un periodo básico de un ambiente de poleo. La emisión de frecuencia seleccionada para este proyecto se basó en la mejora de desarrollo en tiempo real y la reducción de costos.

El volumen de datos que van a ser transmitidos, número de sitios remotos, y respuesta en el tiempo SCADA, pueden optimizarse para que las aplicaciones minimicen los choques de datos contra el número de retransmisiones requeridas. El rango de eficiencia típico para el envío de datos es de 17% a 70%, dependiendo del método usado. Muchas referencias tradicionales como las terminales de demanda digital y un gran uso por parte del HUB.

Con los cálculos realizados en el capítulo 6, se determinó que es posible realizar los tiempos de respuesta para el enlace tanto ascendente como descendente, en un ambiente de poleo general full duplex para todas las RTU's. Por otro lado, con la ayuda de las ecuaciones descritas a lo largo del presente trabajo, se obtuvieron los parámetros de enlace, tanto ascendente, como descendente y así determinar el cálculo de la señal requerida con un mínimo de errores, de hecho, en este proyecto se presenta una orden para polear cada RTU una vez por minuto, es decir, teniendo en cuenta que el tiempo de respuesta es de 2 segundos y teóricamente debe permitir uno para registrar 30 RTU's por minuto, da como resultado un índice de datos de 9.6 kbps y 256 caracteres por paquete de datos.

Un índice de transportadora de datos digitales o incremento del ancho de banda, se requiere proporcionalmente el largo de las antenas y Amplificadores de Alta Potencia (HPA). El costo del segmento espacial generalmente se incrementa proporcionalmente con el índice de datos (incremento de ancho de banda) con resultados en la utilización de un segmento de espacio adicional. Esto se traduce dentro del incremento del costo operacional. Son usados los algoritmos de control para contrarrestar los márgenes de atenuación por lluvia, en donde de lo contrario se incrementarían los costos del segmento espacial automáticamente en la potencia de subida.

Los satélites aseguran prácticamente un servicio libre de error, la tasa de error de bit (BER) es típicamente 10^{-6} en la banda ku (una banda de frecuencia reservada para servicios de negocios vía satélite).

El solo esquema del enlace de la red VSAT elimina el uso de sitios de repetición, resultando un servicio con una mínima interrupción asegurando la disponibilidad del enlace típico en un 99.5%.

La red VSAT permite una instalación fácil y rápida, tan buena como la reconfiguración de la red de bajo costo y expansión.

Los índices de transmisión pueden variar de 9.6 kbps a 64 kbps y de 64kbps a 8 Mbps.

Los satélites aseguran una cobertura global y nacional, continental e intercontinental con niveles de enlace de potencial ilimitado de localizaciones en una distancia, independiente del costo.

En general los beneficios que se obtienen con la realización de este proyecto para PEMEX Gas y Petroquímica Básica son:

OPERATIVOS.- Obtener servicios de ingeniería y apoyo en la supervisión con personal de experiencia y conocimiento de las instalaciones de Petróleos Mexicanos, así como conservar la estandarización de los sistemas de comunicaciones existentes en cuanto a equipamiento e infraestructura.

FINANCIEROS.- Evitar la contratación de firmas particulares para labores de asesoría y supervisión, y disminuir gastos por concepto de pagos de transferencia de tecnología.

INFRAESTRUCTURA.- Emplear en su mayoría la infraestructura de Telecomunicaciones existente. Aprovechar la cobertura de los Centros de Trabajo para labores de apoyo, supervisión y asesoría a las entidades involucradas en el proyecto.

GLOSARIO

GLOSARIO

Acceso múltiple por demanda/asignación Técnica para asignar capacidad adicional, basada en FDM o en TDM, en la que la capacidad se concede según demanda.

Aloha Una técnica de control de acceso al medio para medios de transmisión de acceso múltiple. Una estación transmite siempre que tiene datos para enviar. Se repiten las transmisiones que no son reconocidas.

Amplitud El tamaño o magnitud de una onda de tensión o de corriente.

Ancho de banda Diferencia entre las frecuencia límite de un espectro de frecuencia continuo.

Atenuación Disminución en magnitud de la corriente, tensión o potencia de una señal durante su transmisión entre puntos.

Autenticación Proceso usado para verificar la integridad de los datos transmitidos, especialmente mensajes.

Banda ancha Uso de cable coaxial para proporcionar una transferencia de datos mediante señales analógicas (de radio frecuencia). Las señales digitales se adaptan en un MODEM y se transmiten en una de las bandas de frecuencia del cable.

Banda base Transmisión de señales sin modulación. En una red local e banda base, las señales digitales (unos y ceros) se insertan directamente en el cable como pulsos de tensión. Todo el espectro del cable es ocupado por la señal. Este esquema no permite multiplexación por división de frecuencia.

Bit de paridad Un bit de comprobación añadido a un conjunto de dígitos binarios para hacer al conjunto de todos los dígitos binarios de valor uno, incluyendo el bit de comprobación, siempre par o impar.

Bit de relleno La inserción de bits extra en una cadena de datos para evitar la aparición de secuencias de control no deseadas.

Bus uno o más conductores que sirven como conexión común para un grupo de dispositivos relacionados.

Cabecera Información de control de un sistema definido que precede a los datos del usuario.

Cifrado Convertir textos puros o datos en una forma ininteligible mediante el uso de un código de forma que posteriormente se pueda hacer la reconversión a la forma original.

Codec (codificador-decodificador) Transforma datos analógicos en un flujo digital de bits (codificador), y señales digitales en datos analógicos (decodificador).

Código de detección de errores Código en el que cada secuencia se ajusta a reglas de construcción específicas, para que si ocurren ciertos errores en ella, la secuencia resultante no se ajuste a las reglas de construcción y por tanto se pueda detectar la presencia de errores.

Colisión Situación en la que dos paquetes se transmiten a través de un medio al mismo tiempo. Su interferencia hace a ambos ininteligibles.

Conmutación de paquetes Método de transmisión de mensajes a través de una red de comunicación, en la que los mensajes largos se subdividen en pequeños paquetes. Los paquetes se transmiten después como en conmutación de mensajes.

Control de flujo Función realizada por una entidad receptora para limitar la cantidad o velocidad de los datos que una entidad transmisora envía.

Datos analógicos Datos representados por una magnitud física que varía continuamente, y cuya magnitud es directamente proporcional al dato o a la función que se ajusta a los datos.

Datos digitales Datos que consisten en una secuencia de valores discretos.

Decibelio Medida de la intensidad relativa de dos señales. El número de decibelios es 10 veces el logaritmo del cociente de la potencia de dos señales, o 20 veces el logaritmo del cociente de tensión de dos señales.

Densidad espectral de potencia (PSD, Power Spectral Density) La PSD de una señal es una función de la frecuencia que representa la potencia por unidad de ancho de banda de los componentes espectrales para cada frecuencia.

Decibelio Medida de la intensidad relativa de dos señales. El número de decibelios es 10 veces el logaritmo del cociente de la potencia de dos señales, o 20 veces el logaritmo del cociente de tensión de dos señales.

Difusión Transmisión simultánea de datos a varias estaciones.

Digitalizar Convertir una señal analógica en una señal digital.

Dispositivo de encaminamiento (router) dispositivo de red que conecta dos redes de computadoras. Usa un protocolo de internet y asume que todos los dispositivos conectados a la red usan la misma arquitectura y protocolos de red.

Equipo terminal de red Agrupación de funciones RDSI en la frontera entre RDSI y el abonado.

Equipo terminal de circuito de datos (DCE, Data Circuit-terminating Equipment) En una estación de datos, el equipo que proporciona la conversión de señales y la codificación entre el equipo terminal de datos (DTE, Data Terminal Equipment) y la línea. El DCE puede ser un equipo independiente o una parte integrada en el DTE o en un equipo intermedio. El DCE puede realizar otras funciones que normalmente se realizan en el extremo de la red de la línea.

Equipo terminal de datos (DTE, Data Terminal Equipment) Equipo consistente en instrumentos finales digitales que convierten la información del usuario en señales de datos para transmisión o reconvierten las señales de datos recibidas en la información de usuario.

Espectro Se refiere a un rango absoluto de frecuencias.

Frecuencia Velocidad de oscilación de la señal en hertzios.

Medio de transmisión Camino físico entre transmisores y receptores en un sistema de comunicación.

Microondas Ondas electromagnéticas en el rango de frecuencias entre 2 y 40 GHz.

Módem (modulador/demodulador) Transforma un flujo de bits digitales en una señal analógica (modulador) y viceversa (demodulador).

Modo de transferencia asíncrono Un método de transmisión de paquetes usando un tamaño de paquete fijo, llamado celda.

Modulación Proceso, o resultado del proceso, de variación de algún parámetro de una señal, llamada portadora, de acuerdo con una señal mensaje.

Modulación de fase Modulación en la que el ángulo de fase de una portadora es el parámetro que se varía.

Modulación en amplitud Una forma de modulación en la que la amplitud de la onda portadora varía de acuerdo con alguna característica de la señal modulante.

Modulación en frecuencia Modulación en la que la frecuencia de una señal sinusoidal alterna es el parámetro que se varía.

Modulación por codificación de pulsos Proceso en el que se muestrea una señal, se cuantiza y se convierte la magnitud de cada muestra según una referencia prefijada, codificándola en una señal digital.

Modulación por desplazamiento de amplitud Modulación en la que los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes de la frecuencia de la portadora.

Multiplexación En transmisión de datos, una función que permite a dos o más fuentes de datos compartir un medio de transmisión común tal que cada fuente de datos tiene su propio canal.

Multiplexación por división de frecuencia División de un medio de transmisión en dos o más canales fraccionando la banda de frecuencia transmitida, en bandas más estrechas, y usando cada una de ellas como un canal diferente.

Multiplexación por división de tiempo División de un servicio de transmisión en dos o más canales transmitiendo la información de cada uno de ellos en intervalos de tiempo diferentes.

Multipunto Configuración en la que más de dos estaciones comparten un camino de transmisión.

Paquete Grupo de bits que incluyen datos e información adicional de control.

PBX (Private Branch Exchange) Centralita privada. Proporciona un servicio de conmutación para teléfonos en líneas de extensión dentro de un edificio y de acceso a la red telefónica pública.

Periodo Valor absoluto del mínimo intervalo tras el que se obtienen los mismos valores de una onda periódica.

Portadora Frecuencia continua capaz de ser modulada o readaptada por una segunda señal (portadora de información).

Protocolo Conjunto de reglas que gobiernan la operación de unidades funcionales para llevar a cabo la comunicación.

Punto a punto Configuración en la que dos estaciones comparten una ruta e transmisión.

Red de área Local Red de comunicación que proporciona interconexión entre varios dispositivos de comunicación de datos entre estaciones conectadas a la red.

Red digital de servicios integrados (RDSI) Servicio de telecomunicación mundial que usa transmisión digital y tecnología de conmutación para realizar comunicaciones con datos digital y voz.

Retransmisión de tramas (frame relay) Una forma de conmutación de paquetes basada en el uso de tramas de la capa de enlace de longitud variable. No hay capa de red y muchas de las funciones básicas se descartan o eliminan para proporcionar mayor rendimiento.

Ruido Señales no deseadas que se combinan con la señal de transmisión o de recepción y que por tanto la distorsionan.

Ruido térmico Ruido estadísticamente uniforme que depende de la temperatura del medio de transmisión.

Señal analógica Onda electromagnética que varía continuamente y se puede propagar por medios diversos.

Señal digital Una señal discreta o discontinua, como, por ejemplo, un conjunto de pulsos de tensión.

Tasa de bits erróneos Probabilidad de que un bit transmitido se reciba con error.

Tasa error Cociente entre el número de unidades de datos erróneas y el número total de unidades de datos.

Topología Estructura, que consta de caminos y conmutadores, que proporciona el medio de interconexión entre los nodos de la red.

Trama Grupo de bits que incluye datos, además de una o más direcciones y otra información de control de protocolo.

Transmisión analógica La transmisión de señales analógicas independientemente de su contenido. La señal se puede amplificar, pero no hay intentos intermedios de extraer los datos de la señal.

Transmisión asíncrona Transmisión en la que cada carácter de información se sincroniza individualmente (normalmente usando elementos de inicio y parada).

Transmisión digital Transmisión de datos digitales, usando tanto señales analógicas como digitales, en la que los datos digitales se recuperan y repiten en puntos intermedios para reducir los efectos del ruido.

Transmisión full-duplex Transmisión de datos en ambas direcciones y al mismo tiempo.

Transmisión simplex Transmisión de datos solamente en una dirección preasignada.

Transmisión síncrona Transmisión de datos en la que el tiempo de ocurrencia de cada señal que representa un bit se relaciona con un marco de tiempo fijo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

J. BROWN, E.U.D. GLAZIER, TELECOMUNICACIONES. Ed. Marcombo, España, 1970, pp.435 pp. 173.

SCHWARTZ MISCHA, TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, MODULACIÓN Y RUIDO. Ed. Mc. Graw-Hill, México, 1983, pp.685, pp. 239.

ROGER L. FREEMAN, TELECOMMUNICATION TRANSMISSION HADBOOK. Ed. Wiley Series in Telecommunications, U.S.A., 1991, pags. 376-452, pp. 1009.

STUART A. BOYER, SCADA, SUPERVISORY CONTROL AND DATA ADQUISITION. Ed. Instrument Society of America, U.S.A, 1993, pp. 239.

ROGER L. FREEMAN, TELECOMUNICACION SYSTEM ENGINEERING. ED. Wiley United Satates of America, 1980, Ills, pp. 480.

HUGUES NETWORK SYSTEM, INTRODUCCION A LA ESTACIÓN TERRENA. Marzo, 1997.

JOSÉ A. CARBALLAR FALCÓN, LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES (REDES, APLICACIONES Y COSTES). Ed. RA-MA, 1995.

PETRÓLEOS MEXICANOS, MANUAL PROYECTO SCADA. 1998.

BAUG, A.J. SANZ, MICROONDAS Y RECEPCIÓN SATELITAL. Ed. H.A.S.A., 1989.

JUAN JOSÉ GARCÍA RUIZ DE ANGULO, LOS SATELITES DE COMUNICACIONES. Ed. Marcombo, España, 1989.

F VATALARO Y F. ANANASSO, MOBILE AND PERSONAL SATELLITE COMUNICATIONS 2. Ed. Springer, 1996.

GERARD MARAL, J WILEY, VSAT NETWORKS. 1995.

BRUCE R. ELBERT, THE SATELLITE COMMUNICATION APLICATIONS HADBOOK. Artech House, 1997

R. ROM, M. SIDI, MULTIPLE ACCESS PROTOCOLS. Ed. Springer Verlag, 1990.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://perso.wanadoo.es/ealabz/fruido.html>.

<http://www.suratel.com/vsat.htm>.

<http://www.viento.us.es/~murillo/docente/radio>.