



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Integración de Sistemas de Comunicación
en aplicaciones de Seguridad,
Control y Monitoreo.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
P R E S E N T A :

S A R A R E Y E S M A R T Í N E Z

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. GABRIEL ALEJANDRO JARAMILLO MORALES**



MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A PAPÁ POR SU ENSEÑANZA DE VIDA

A MAMÁ POR DARME LA VIDA

A MIS HERMANOS: RAFAEL, JAVIER, MAGDA Y FERNANDO POR SOPORTARME TANTO TIEMPO

A IRAIS Y PENÉLOPE POR SER MIS MEJORES AMIGAS

AL INGENIERO JARAMILLO POR EL ESFUERZO Y DEDICACIÓN A ESTE TRABAJO.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS POR EL APOYO BRINDADO.

A MI UNIVERSIDAD, PROFESORES Y COMPAÑEROS, POR COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO.

A DIOS, POR DEJARME SER QUIEN SOY, SU OBRA.

CON MUCHO CARIÑO . . .

SARA

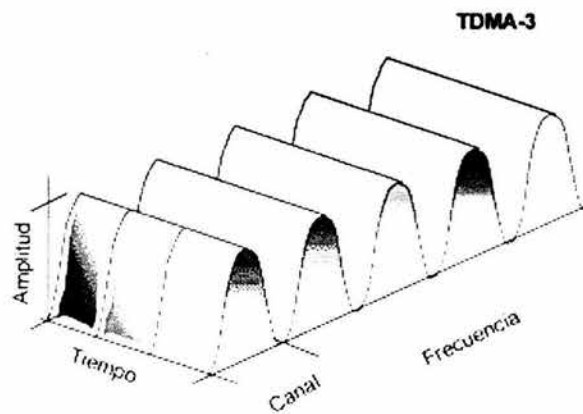
INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 HISTORIA DE RADIOCOMUNICACIÓN	
I.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	
II. COMUNICACIONES MÓVILES E INALÁMBRICAS	4
II.1 SERVICIOS RADIOELÉCTRICOS	
II.2 MULTICANALIZACIÓN	
II.2.1. Multicanalización por división de tiempo (TDM)	
II.2.2. Multicanalización por división de frecuencia (FDM)	
II.3 MÉTODOS DE ACCESO	
II.3.1. Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA)	
II.3.2. Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA)	
II.3.3. Acceso Múltiple por División del Espacio (SDMA)	
II.3.4. Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)	
II.3.5. Acceso Múltiple por Saltos de Frecuencia (FHMA)	
II.4 OPERACIONES DÚPLEX	
II.4.1. Dúplex por División en Frecuencia (FDD)	
II.4.2. Dúplex por División en el Tiempo (TDD)	
II.5 MODULACIÓN	
II.5.1. Modulación Analógica	
II.5.2. Modulación Digital	
II.5.3. Modulación De Pulsos Para Transmisión Digital (PWM, PPM, PAM, PCM)	
II.5.4. Códigos de Línea	
III. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA	23
III.1. EVOLUCIÓN	
III.1.1. Partes del aparato telefónico	
III.1.2. Circuitos y centrales	
III.1.3. Telefonía transoceánica	
III.1.4. Telefonía y medios de transmisión	
III.2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS CELULARES	
III.2.1. Reutilización de frecuencias	
III.2.2. Estrategias de asignación de canales	
III.2.3. Gestión de la interfaz de radio	
III.2.4. Gestión de la localización	
III.2.5. Handover (función de traspaso)	
III.2.6. "Roaming" (función de seguimiento)	
III.2.7. Interferencias y capacidad del sistema	
III.2.8. División de celdas (cell splitting)	
III.2.9. Arquitectura de red celular	
III.3. GSM	
III.3.1. Introducción	
III.3.2. Arquitectura de la red	
III.3.3. Servicios de telecomunicación en GSM	
III.3.4. Estación móvil	
III.3.5. El GPRS: arquitectura de la red de datos	
IV. EL SISTEMA DE RADIOLOCALIZACIÓN	45
IV.1. HISTORIA	
IV.1.1. Sistemas de radiolocalización y mensajería	
IV.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA PAGING	
IV.3. FRECUENCIAS ASIGNADAS EN MÉXICO	
IV.4. TIPOS DE PAGERS	
IV.5. PROTOCOLOS	
IV.5.1. Protocolos de entrada (input protocols)	

IV.5.2. Protocolos intrasistemas e intersistemas	
IV.5.3. Protocolos de control del transmisor	
IV.5.4. Protocolos paging	
IV.5.5. Protocolos de administración	
IV.6. SISTEMA DE RADIOBUSQUEDA DE GRAN ALCANCE (WIDE AREA PAGING)	
IV.6.1. Breve descripción del sistema	
IV.6.2. Arquitectura del hardware del sistema t20	
IV.6.3. Funciones de acceso	
IV.6.4. Servicios	
IV.6.5. Operación y mantenimiento	
IV.6.6. Comunicación con centros de red	
IV.6.7. Red de distribución	
IV.7. FUNCIONAMIENTO DE LOS RECEPTORES	
IV.7.1. Descripción del circuito radiolocalizador uniden alp 9000	
IV.7.1.1. TARJETA DE RADIOFRECUENCIA	
IV.7.1.2. SECCIÓN DIGITAL	
V. SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN (GPS)	75
V.1. CARACTERÍSTICAS	
VI.1.1. Funcionamiento del sistema global de posición	
V.2. INTRODUCCIÓN	
V.3. SISTEMA TRANSIT	
V.4. SISTEMA SLR	
V.5. VLBI	
V.6. EL SECTOR ESPACIAL	
V.7. CONSTELACIÓN	
V.8. SATÉLITES	
V.9. DISPONIBILIDAD	
V.10. EL SECTOR DE CONTROL	
V.11. EL SECTOR DE USUARIO	
V.11.1. Antenas	
V.11.2. Receptor	
V.12. SISTEMAS DE MEDIDA	
V.13. PRECISIÓN Y ERRORES	
V.14. APLICACIONES.	
VI. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN APLICACIONES PRÁCTICAS	100
VI.1. ALARMAS VEHICULARES CON ACTIVACION VIA RADIOLOCALIZACION	
VI.1.1. Alarmas vehiculares	
VI.1.2. Funcionamiento	
VI.2. SISTEMAS LAV	
VI.2.1 Descripción Del Sistema	
VI.2.2. Componentes	
VI.2.3. Análisis de mercado	
VI.3. CONTROL DE SEMÁFOROS	
VI.3.1. Conjunción de redes vehiculares y de comunicaciones.	
VI.3.2. Centro de control.	
VI.4. LOCALIZACIÓN DE COMPUTADORAS PORTÁTILES	
VI.4.1. Descripción del sistema	
VI.4.2. Componentes	
VI.4.3. Análisis de mercado	
VI.4.3.1. SEGMENTACIÓN DEL MERCADO	
VI.4.3.2. ANÁLISIS DE COSTOS	
VI.4.3.3. PROPUESTA DE MERCADEO.	
VII. CONCLUSIONES	128
REFERENCIAS	131

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN



I. INTRODUCCIÓN

I.1 HISTORIA DE RADIOCOMUNICACIÓN.

Aun cuando fueron necesarios muchos descubrimientos en el campo de la electricidad hasta llegar a la radio, su nacimiento data en realidad de 1873, año en el que el físico inglés James Clerk Maxwell publicó su teoría sobre las ondas electromagnéticas.

La teoría de Maxwell se refería sobre todo a las ondas de la luz; quince años más tarde, el físico alemán Heinrich Hertz logró generar eléctricamente tales ondas. El arco voltaico que generó irradiaba parte de la energía de la chispa en forma de ondas electromagnéticas. Hertz consiguió medir algunas de las propiedades de estas ondas hercianas, incluyendo su longitud y velocidad.

El ingeniero eléctrico e inventor italiano Guglielmo Marconi está considerado universalmente como el inventor de la radio. En 1896 consiguió transmitir señales desde una distancia de 1,6 km, y registró su primera patente inglesa. En 1897 transmitió señales desde la costa hasta un barco a 29 km en alta mar. En 1899 logró establecer una comunicación comercial entre Inglaterra y Francia capaz de funcionar con independencia del estado del tiempo; a principios de 1901 consiguió enviar señales a más de 322 km de distancia, y a finales de ese mismo año transmitió una carta entera de un lado a otro del Océano Atlántico. En 1902 ya se enviaban de forma regular mensajes transatlánticos y en 1905 muchos barcos llevaban equipos de radio para comunicarse con emisoras de costa.

Durante la Primera Guerra Mundial los sistemas de radio comunicación móvil tuvieron un uso muy limitado. Fue hasta 1921 cuando se instaló el primer sistema de radiotelefonía móvil por el Departamento de Policía de la ciudad de Detroit en los EUA (sistema de despacho) Este sistema operaba en la banda de los 2 MHz; sin embargo, en la medida que los adelantos tecnológicos y la demanda de servicio fueron aumentando, se inició la tendencia hacia el uso de mayores frecuencias.

Tras la Primera Guerra Mundial, los radioaficionados lograron hazañas tan espectaculares como el primer contacto radiofónico (1921) transatlántico. Ciertas organizaciones de radioaficionados han lanzado una serie de satélites aprovechando los lanzamientos normales de los Estados Unidos, la antigua Unión Soviética y la ESA (Agencia Espacial Europea). Estos satélites se denominan normalmente Oscar (Orbiting Satellites Carrying Amateur Radio). El primero de ellos, *Oscar 1*, colocado en órbita en 1961, fue al mismo tiempo el primer satélite no gubernamental; el cuarto, en 1965, proporcionó la primera comunicación directa vía satélite entre Estados Unidos y la Unión Soviética. A principio de los años ochenta había en todo el mundo más de 1,5 millones de licencias de radioaficionados, incluidos los de la radio de banda ciudadana.

En los años treinta varios canales se usaron sobre una base experimental. Hacia mediados de los cuarenta se instalaron nuevos sistemas comerciales en las bandas de los 33 y 150 MHz. La operación de estos sistemas fue en un solo sentido y se requería de un operador de teléfono para poder colocar la llamada. Hacia mediados de los años sesenta se tienen nuevos sistemas en la banda de los 150 MHz con operación en ambos sentidos, búsqueda automática de canales y marcación de y hacia la estación móvil. Sistemas semejantes se tuvieron hacia finales de esa década en la banda de los 450 MHz. Ejemplos de estos sistemas son el sistema MK (en la banda de los 150 MHz) y el sistema MJ (en la banda de los 450 MHz) diseñados por la Bell Telephone. Estos sistemas fueron parte o predecesores de lo que posteriormente se llamó sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System), el cual se convirtió en un estándar para los sistemas de telefonía móvil.

Anterior a estos sistemas, hacia fines de la Segunda Guerra Mundial, se introdujeron muchos otros sistemas de comunicación móvil. Estos sistemas, por lo general, trabajaban en frecuencias menores a los 460 MHz y daban servicio a varios departamentos de gobierno, a la industria y sistemas de transporte, así como también a usuarios privados mediante las llamadas bandas civiles.

En 1978 en la ciudad de Chicago, EUA, comenzó a instalarse en su fase experimental, el sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service), en la banda de los 900 MHz, disponiendo de 666 canales (capacidad total). Este sistema, el cual es ya un sistema celular, cubrió en su fase experimental una extensión de aproximadamente 5 400 km² con 10 células y 136 canales para 2 000 abonados y después se instaló en 1983 en forma comercial con los 666 canales y con una capacidad inicial de 30 000 abonados.

Paralelamente, en Europa se instaló el primer sistema celular de tipo experimental en la banda de los 450 MHz, denominándolo NMT (Nordic Mobile Telephone System). Este sistema entró en operación comercial en 1981 cubriendo gran parte de los países nórdicos y más adelante este mismo sistema se instaló en otros países europeos.

Las comunicaciones por satélite han entrado en una fase de transición desde las comunicaciones por líneas masivas punto a punto entre enormes y costosos terminales terrestres hacia las comunicaciones multipunto a multipunto entre estaciones pequeñas y económicas. El desarrollo de los métodos de acceso múltiple ha servido para acelerar y facilitar esta transición. La técnica, denominada reutilización de energía, permite a los satélites comunicarse con varias estaciones terrestres mediante una misma frecuencia, al transmitir en pequeños haces dirigidos a cada una de ellas.

En 1993 se experimentó un nuevo método de interconexión de estaciones terrestres al lanzar la NASA su ACTS (Advanced Communications Technology Satellite). Esta técnica combina las ventajas de la reutilización de energía, los haces puntuales y la TDMA (Time Division Multiple Acces). Mediante la concentración de la energía de la señal transmitida por el satélite, ACTS puede utilizar estaciones terrestres con antenas más pequeñas y menores necesidades de potencia.

El concepto de las comunicaciones de haz puntual múltiple quedó probado satisfactoriamente en 1991 con el lanzamiento del *Italsat*, construido por el Consejo de Investigaciones de Italia. Con seis haces puntuales a 30 GHz (ascendente) y 20 GHz (descendente), este satélite interconecta transmisiones TDMA entre estaciones terrestres en todas las grandes áreas empresariales de Italia.

La red europea de comunicaciones por satélite incluye la red European Communications Satellite (ECS) de la ESA. Cada satélite maneja 12.600 circuitos telefónicos y múltiples transmisiones de telecopia. El satélite *Olympus* es el mayor satélite de comunicaciones estabilizado tridimensionalmente en Europa y fue desarrollado principalmente por las compañías aeroespaciales británicas.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Los sistemas de comunicaciones han dado pie a una nueva era en la existencia del ser humano. Los avances científicos y tecnológicos han hecho que la vida del ser humano sea tan diferente de lo que era el siglo pasado que, en estos momentos hablamos de una globalización en términos de comunicación, educación, economía, negocios, etc. Los parámetros para medir el nivel de calidad de vida son universales.

Todo esto se ha logrado gracias a las diversas aplicaciones prácticas que se les dan a los descubrimientos e inventos tecnológicos. Es así como los medios de transmisión se han utilizado para comunicarnos en forma gráfica, visual y audible, lo que equivale a voz, datos y vídeo. Y cada día se les asignan nuevas aplicaciones a los sistemas existentes, no solo para fines de comunicación, sino para sistemas de control y monitoreo remoto, localización y detección, gestión y muchos otros.

En México, estas aplicaciones tienen un desarrollo lento dada la situación social, por lo que la mayoría de las soluciones a problemas actuales son "importadas" tomando como ejemplo países que aplican desarrollos avanzados para solucionar problemas como el control de tránsito, seguridad o algún otro, pero sin clarificar las diferencias situacionales tales como cultura, densidad de población, poder adquisitivo u otros.

El principio de operación de sistemas que faciliten la solución de problemas como la localización de vehículos robados, control de rutas en flotillas de autos empresariales, control de semáforos de acuerdo con monitoreo de densidad de autos, etc., es el mismo, es decir, el funcionamiento en la parte técnica es el mismo. Pero debemos tomar en cuenta factores como los antes mencionados para planear adecuadamente la puesta en operación de estos sistemas, a un costo rentable y con una operación eficiente.

La necesidad está ahí. Un buen análisis de mercado, planeación de proyecto, administración de la puesta en marcha y operación rentable proyectada son factores que ayudarán a promover el uso y adquisición de sistemas de alto nivel tecnológico para aplicaciones de seguridad, localización y monitoreo en nuestro país, sobre todo en los sectores empresariales, educativos y de gobierno.

Este trabajo está enfocado en mostrar cuatro aplicaciones haciendo uso de las tecnologías de comunicación inalámbricas. Aunque hay muchas más y cada día surgen nuevas, éstas se pueden tomar de base para otras.

Para entender mejor su funcionamiento y darle la importancia a la base de todos estos desarrollos se inicia el trabajo mencionando la teoría de las comunicaciones móviles e inalámbricas, incluyendo aspectos técnicos como la modulación y multiplexión, importante para poder transmitir información en gran cantidad a grandes distancias.

Como segundo punto se habla de la telefonía desde sus inicios hasta nuestros días, pasando por una introducción a la telefonía celular, el por qué es tan versátil y con tantas utilidades.

Otro de los sistemas que se revisan en este trabajo es el sistema de radiolocalización, el cual ha tenido una baja en su demanda y que puede ser utilizado en otras funciones además del envío de mensajes escritos.

Continuando con los radiolocalizadores se observa su estructura para observar qué podemos aprovechar de esta tecnología.

Otro de los sistemas que analizamos es el GPS o Sistema de Posicionamiento Global el cual, como la mayoría de los desarrollos, inició sus operaciones en el ámbito militar y que actualmente tiene aplicaciones civiles además de ser un sistema universal, de grandes aplicaciones y económico considerando su utilidad.

Es así como llegamos a la parte de aplicaciones prácticas integrando los conceptos antes mencionados, definiendo cuatro de ellas:

Sistemas de Localización Automática de Vehículos (LAV) la cual tiene su mayor aplicación en flotillas de vehículos empresariales, de repartición, mensajería e incluso en grupos familiares.

Alarmas vehiculares, que se puedan activar de manera remota, haciendo funcionar diversos circuitos para ubicar, detener y recuperar el vehículo.

Localización de computadoras portátiles, debido al alto índice delictivo de la ciudad y a que la mayoría de los empresarios e incluso estudiantes hacen uso de estos dispositivos, la probabilidad de robo de los mismos es alto así como su costo, por lo que su localización y posible recuperación se vuelve una necesidad.

Control de Semáforos, con monitoreo de tránsito vehicular, ayudando a resolver los congestionamientos en puntos conflictivos.

Además de revisar la parte técnica para su desarrollo, en algunos casos se realiza un análisis de mercado como opción al desarrollo comercial del sistema en México.

Al final se hacen una serie de conclusiones que en realidad son un nuevo principio ya que las posibles aplicaciones de las tecnologías actuales y de las que están en desarrollo se irán multiplicando. La naturaleza del hombre a buscar una mejor calidad de vida, a realizar un menor esfuerzo para satisfacer sus necesidades y con ello a crear nuevas necesidades, es el motor para que sigamos buscando herramientas y métodos para lograrlo.

Capítulo 2

COMUNICACIONES MÓVILES E INALÁMBRICAS



II. COMUNICACIONES MÓVILES E INALÁMBRICAS.

Aunque es común escuchar los términos "comunicaciones inalámbricas" y "comunicaciones móviles" usados indistintamente, esto no es correcto. Las comunicaciones móviles son solo una parte de las comunicaciones inalámbricas. Existen muchas aplicaciones donde la información se transmite y recibe mediante transmisiones de radio y no por cables, sin que por ello tengan algo de móviles.

II.1 SERVICIOS RADIOELÉCTRICOS

Los servicios que se prestan a través del uso de ondas electromagnéticas son los siguientes:

SERVICIO DE RADIOCOMUNICACIÓN. Servicio que implica la transmisión, la emisión o recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de radiocomunicación. Todo servicio de radiocomunicación, salvo indicación expresa en contrario, corresponde a una radiocomunicación terrenal.

SERVICIO FIJO. Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

SERVICIO FIJO POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno o más satélites; en algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites; el servicio fijo por satélite puede también incluir enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.

SERVICIO FIJO AERONÁUTICO. Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados, que se suministra primordialmente para la seguridad de la navegación aérea y para que sea regular, eficiente y económica la operación de los transportes aéreos.

SERVICIO ENTRE SATÉLITES. Servicio de radiocomunicación que establece enlaces entre satélites artificiales de la Tierra.

SERVICIO DE OPERACIONES ESPACIALES. Servicio de radiocomunicaciones que concierne exclusivamente al funcionamiento de los vehículos espaciales, en particular del seguimiento espacial, la telemetría espacial y el telemando espacial. Estas funciones serán normalmente realizadas dentro del servicio en el que funcione la estación espacial.

SERVICIO MÓVIL. Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles. (CONV.)

SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación:

entre estaciones terrenas móviles y uno o varias estaciones espaciales o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio; o

entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.

También pueden considerarse incluidos en este servicio los enlaces de conexión necesarios para su explotación.

SERVICIO MÓVIL TERRESTRE. Servicio móvil entre estaciones de base y estaciones móviles terrestres o entre estaciones móviles terrestres.

SERVICIO MÓVIL TERRESTRE POR SATÉLITE. Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas en tierra.

SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO. Servicio móvil entre estaciones costeras y estaciones de barco, entre estaciones de barco, o entre estaciones de comunicaciones a bordo asociadas; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivos de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.

SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO POR SATÉLITE. Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de barcos; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivos de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.

SERVICIO DE OPERACIONES PORTUARIAS. Servicio móvil marítimo en un puerto o en sus cercanías, entre estaciones costeras y estaciones de barco, cuyos mensajes se refieren únicamente a las operaciones, movimiento y seguridad de los barcos y, en caso de urgencia, a la

salvaguardia de las personas. Quedan excluidos de este servicio los mensajes de carácter de correspondencia pública.

SERVICIO DE MOVIMIENTO DE BARCOS. Servicio de seguridad dentro del servicio móvil marítimo, distinto del servicio de operaciones portuarias, entre estaciones costeras y estaciones de barco, o entre estaciones de barco, cuyos mensajes se refieren únicamente al movimiento de barcos. Quedan excluidos de este servicio los mensajes de carácter de correspondencia pública.

SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO. Servicio móvil entre estaciones aeronáuticas y estaciones de aeronave, en el que también pueden participar las estaciones de embarcación o dispositivos de salvamento; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros que operen en las frecuencias de socorro y de urgencia designadas.

SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO POR SATÉLITE. Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrestres están situadas a bordo de aeronaves; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivos de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.

SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN. Servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general. Dicho servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género (CONV.)

SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa por el público en general. En el servicio de radiodifusión por satélite la expresión "recepción directa" abarca tanto la recepción individual como la recepción comunal.

SERVICIO DE RADIODETERMINACIÓN. Servicio de radiocomunicación para fines de radiodeterminación.

SERVICIO DE RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación para fines de radiodeterminación, que implica la utilización de una o más estaciones espaciales.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN. Servicio de radiodeterminación para fines de radionavegación.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE. Servicio de radiodeterminación por satélite para fines de radionavegación. También pueden considerarse incluidos en este servicio los enlaces de conexión necesarios para su explotación.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA. Servicio de radionavegación destinado a los barcos y a su explotación en condiciones de seguridad.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA POR SATÉLITE. Servicio de radionavegación por satélite en el que las estaciones terrenas están situadas a bordo de barcos.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA. Servicio de radionavegación destinado a las aeronaves y a su explotación en condiciones de seguridad.

SERVICIO DE RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA POR SATÉLITE. Servicio de radionavegación por satélite en el que las estaciones terrenas están situadas a bordo de aeronaves.

SERVICIO DE RADIOLOCALIZACIÓN. Servicio de radiodeterminación para fines de radiolocalización.

SERVICIO DE AYUDAS A LA METEOROLOGÍA. Servicio de radiocomunicación destinado a las observaciones y sondeos utilizados en meteorología, con inclusión de la hidrología.

SERVICIO DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas y una o varias estaciones espaciales, que pueden incluir enlaces entre estaciones espaciales y en el que:

se obtiene información sobre las características de la Tierra y sus fenómenos naturales por medio de sensores pasivos o de sensores activos a bordo de satélites de la Tierra;

se reúne información analógica por medio de plataformas situadas en el aire o sobre la superficie de la Tierra;

dichas informaciones pueden ser distribuidas a estaciones terrenas dentro de un mismo sistema; puede incluirse asimismo la interrogación a las plataformas.

Este servicio puede incluir también los enlaces de conexión necesarios para su exploración.

SERVICIO DE METEOROLOGÍA POR SATÉLITE. Servicio de exploración de la Tierra por satélite con fines meteorológicos.

SERVICIO DE FRECUENCIAS PATRÓN Y DE SEÑALES HORARIAS. Servicio de radiocomunicación para la transmisión de frecuencias especificadas, de señales horarias, o de ambas, de reconocida y elevada precisión, para fines científicos, técnicos y de otras clases, destinadas a la recepción general.

SERVICIO DE FRECUENCIAS PATRÓN Y DE SEÑALES HORARIAS POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación que utiliza estaciones espaciales situadas en satélite de la Tierra para los mismos fines que el servicio de frecuencias patrón y de señales horarias. Este servicio puede incluir también los enlaces de conexión necesarios para su exploración.

SERVICIO DE INVESTIGACIÓN ESPACIAL. Servicio de radiocomunicación que utiliza vehículos espaciales u otros objetos espaciales para fines de investigación científica o tecnológica.

SERVICIO DE AFICIONADOS. Servicio de radiocomunicación que tiene por objeto la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos, efectuados por aficionados, esto es, por personas debidamente autorizadas que se interesen en la radiotecnica con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro.

SERVICIO DE AFICIONADOS POR SATÉLITE. Servicio de radiocomunicación que utiliza estaciones espaciales situadas en satélites de la Tierra para los mismos fines que el servicio de aficionados.

SERVICIO DE RADIOASTRONOMÍA. Servicio que entraña el empleo de la radioastronomía.

SERVICIO DE SEGURIDAD. Todo servicio radioeléctrico que se explote de manera permanente o temporal para garantizar la seguridad de la vida humana y la salvaguardia de los bienes (CONV.)

SERVICIO ESPECIAL. Servicio de radiocomunicación no definido en otro lugar de la presente sección, destinado exclusivamente a satisfacer necesidades determinadas de interés general y no abierto a la correspondencia pública.

II.2 MULTICANALIZACIÓN

Multicanalización o multiplexión es la transmisión de información de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión. Las transmisiones ocurren en el mismo medio, pero no necesariamente al mismo tiempo.

II.2.1 Multicanalización por división de tiempo (TDM)

El método de combinar varias señales muestreadas en determinada secuencia del tiempo se llama *multicanalización por división de tiempo* (TDM). El tipo más común de modulación en TDM es PCM. Con un sistema PCM-TDM, se muestrean dos o más canales de banda de voz, convertidos en códigos PCM, y luego se utiliza el proceso de multicanalización TDM en un solo par de cables metálicos o en un cable de fibra óptica. Se toman de manera alternativa señales de cada canal, se convierten en códigos PCM y se transmiten.

II.2.2 Multicanalización por división de frecuencia (FDM)

En la multicanalización por división de frecuencia, múltiples fuentes que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencias se convierten, cada una, en bandas de frecuencias diferentes y se transmiten simultáneamente en un solo medio de transmisión. Así, muchos canales de banda relativamente angosta se pueden transmitir en un solo sistema de banda ancha.

FDM es un esquema de multicanalización analógica; la información que entra a un sistema FDM es y permanece analógica en toda la transmisión. Un ejemplo de FDM es la banda de radiodifusión comercial de AM, que ocupa un espectro de frecuencias desde 535 a 1605 KHz. Cada estación modula la amplitud de una frecuencia de portadora diferente y produce una señal de doble banda lateral de 10 KHz. Debido a que las frecuencias de portadora, de las estaciones adyacentes, están separadas por 10 KHz, la banda total comercial de AM se divide en 107 fracciones. Las señales de las radiodifusoras se transmiten todas por el espacio libre, pero no requiere sincronización, en este caso. Otras aplicaciones de FDM son FM comercial, televisión y sistemas de telecomunicaciones de gran volumen. Para el último caso, debido a la posibilidad de que un gran número de canales de

banda angosta se originen y terminen en la misma localidad, todas las operaciones de multicanalización y demulticanalización deben estar sincronizadas.

II.3 METODOS DE ACCESO

Debido al incremento de usuarios en los servicios de comunicaciones por radiofrecuencias, se han tenido que utilizar métodos que permitan incrementar dichos servicios con el mismo número de frecuencias disponibles. Los métodos de acceso múltiple permiten soportar usuarios en un mismo canal de radio, sin afectar las transmisiones.

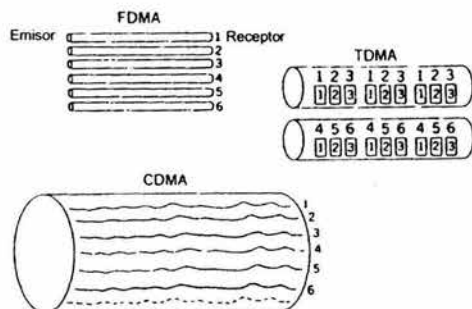


Ilustración de diferentes sistemas de acceso múltiple

II.3.1 Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA)

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Los canales de frecuencia son muy preciados, y son asignados a los sistemas por los cuerpos reguladores de los gobiernos de acuerdo con las necesidades comunes de la sociedad. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. Los sistemas muy grandes FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

II.3.2 Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA)

TDMA ("Time Division Multiple Access") es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión de datos, que eliminan redundancia y periodos de silencio y decrecientan el tiempo necesario en representar un periodo de voz. Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal.

Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil. TDMA es un concepto bastante antiguo en los sistemas de radio.

En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están

asignado unos slots (ranura) de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama.

II.3.3 Acceso Múltiple por división del Espacio (SDMA)

SDMA ("Space Division Multiple Access") presenta dificultades en uplink por el control de potencia, pues esta se tiene que limitar, y controlar por tanto el consumo de energía. No resulta aplicable de manera pura. SDMA se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales, en combinación con otros métodos de acceso. Los sistemas de radio celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo éste reutilizado en otras celdas dentro del sistema. El factor que limita SDMA es el factor de reutilización de frecuencia (interferencia co-canal).

II.3.4 Acceso Múltiple por División de la Codificación (CDMA)

CDMA ("Code Division Multiple Access") es nuevo en la tecnología celular. Pone a todos los usuarios que desean acceder a un recurso truncado en el mismo canal de radiofrecuencia al mismo tiempo.

A cada llamada telefónica o de datos se le asigna un código digital único, reduciendo así notablemente la interferencia y el ruido de fondo, al tiempo que aumenta la seguridad. En lugar de dividir el espectro en periodos de tiempo separados, como en TDMA, CDMA trabaja codificando cada conversación en forma única, permitiendo de este modo que todas las conversaciones viajen en el mismo espectro sin interferencia.

II.3.5 Acceso Múltiple por Saltos de Frecuencia (FHMA)

FHMA es un sistema de acceso múltiple digital, en el cual, las frecuencias de las portadoras de los usuarios individuales se varían de forma pseudoaleatoria dentro de un canal de banda ancha. Los datos digitales se dividen en ráfagas de tamaño uniforme que se transmiten sobre diferentes portadoras. Se requiere tener sincronía en la secuencia pseudoaleatoria entre el transmisor y el receptor.

II.4 OPERACIONES DÚPLEX

Excepto en situaciones especiales, la información vía radio se mueve en modo dúplex, que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta, y entonces se responde en la otra dirección. Hay dos formas principales de establecer canales de comunicaciones dúplex.

II.4.1 Dúplex por división en Frecuencia (FDD)

Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir a un canal de frecuencia con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Se podría usar una antena común como un sistema de filtrado simple. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-dúplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

II.4.2 Dúplex por División en el Tiempo (TDD)

Muchos sistemas de radio móviles, como los sistemas de seguridad públicos, no requieren la operación full-dúplex. En estos sistemas se puede transmitir y recibir en la misma frecuencia pero no en el mismo tiempo. Esta clase de dúplex se llama half-dúplex, y es necesario que un usuario

dé una indicación de que ha terminado de hablar, y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.

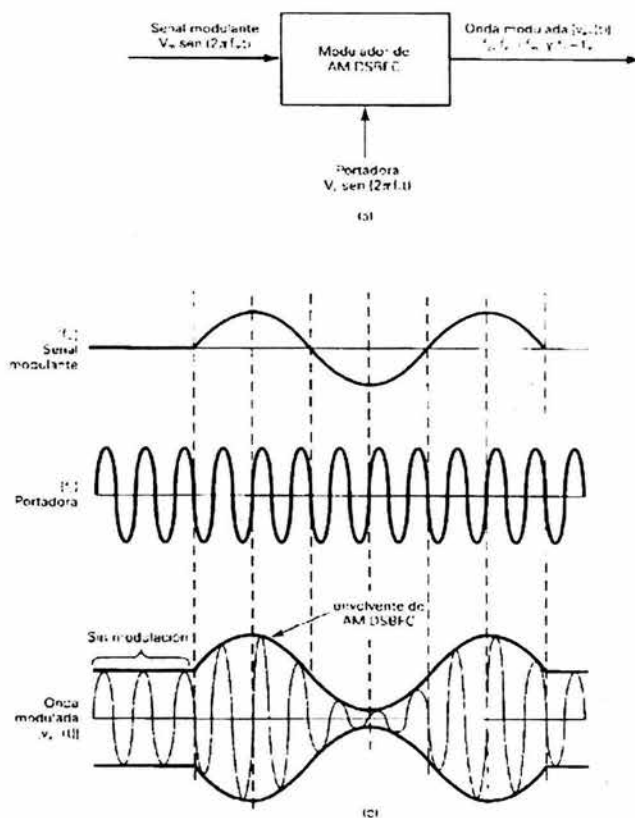
11.5 MODULACIÓN

Las señales de información deben ser transportadas entre un transmisor y un receptor sobre alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, las señales de información pocas veces encuentran una forma adecuada para la transmisión. La *modulación* se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión. *Demodulación* es el proceso inverso (es decir, la onda modulada se convierte nuevamente a su forma original). La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado *modulador*, y la demodulación se realiza en el receptor en un circuito llamado *demodulador*.

11.5.1 Modulación analógica

En una señal analógica pueden variar tres propiedades: la amplitud, la frecuencia y la fase.

- **Modulación De Amplitud**



Generación de AM: (a) modulador de AM DSBFC; (b) produciendo una envolvente de AM DSBFC —en el dominio de tiempo.

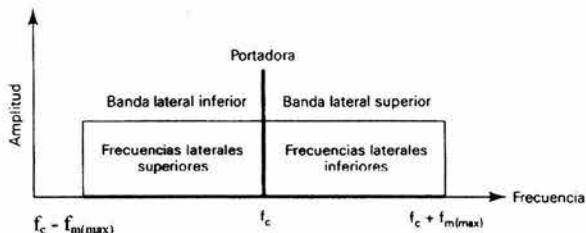
Modulación de amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal moduladora (información). Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente *radiofrecuencias* o simplemente RF. Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud. La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y video.

La radiodifusión comercial de televisión se divide en tres bandas (dos de VHF y una de UHF). Los canales de la banda baja de VHF son entre 2 y 6 (54 a 88 MHz), los canales de banda alta de VHF son entre 7 y 13 (174 a 216 MHz) y los canales de UHF son entre 14 a 83 (470 a 890 MHz). La modulación de amplitud también se usa para las comunicaciones de radio móvil de dos sentidos tal como una radio de banda civil (CB) (26.965 a 27.405 MHz).

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama *señal moduladora*. La resultante se llama *onda modulada* o señal modulada.

Espectro de frecuencia de AM y ancho de banda

Como se estableció anteriormente, un modulador AM es un dispositivo no lineal. Por lo tanto, ocurre una mezcla no lineal y la envolvente de salida es una onda compleja compuesta de un voltaje de cd, la frecuencia portadora y las frecuencias de suma ($f_c + f_m$) y diferencia ($f_c - f_m$) (es decir, los productos cruzados). La suma y diferencia de frecuencias son desplazadas de la frecuencia portadora por una cantidad igual a la frecuencia de la señal moduladora. Por lo tanto, una envolvente de AM contiene componentes en frecuencia espaciados por f_m Hz en cualquiera de los lados de la portadora. Sin embargo, debe observarse que la onda modulada no contiene una componente de frecuencia que sea igual a la frecuencia de la señal moduladora. El efecto de la modulación es trasladar la señal moduladora en el dominio de la frecuencia para reflejarse simétricamente alrededor la frecuencia del conducto.



Espectro de frecuencia de una onda AM DSBFC.

La figura muestra el espectro de frecuencia para una onda de AM. El espectro de AM abarca desde $f_c - f_{m(max)}$ a $f_c + f_{m(max)}$, en donde f_c es la frecuencia de la portadora y $f_{m(max)}$ es la frecuencia de la señal moduladora más alta. La banda de frecuencias entre $f_c - f_{m(max)}$ y f_c se llama *banda lateral inferior (LSB)* y cualquier frecuencia dentro de esta banda se llama *frecuencia lateral inferior (LSF)*. La banda de frecuencias entre f_c y $f_c + f_{m(max)}$ se llama *banda lateral superior (USE)* y cualquier frecuencia dentro de esta banda se llama *frecuencia lateral superior (USF)*. Por lo tanto, el ancho de banda (B) de una onda AM DSBFC (portadora de AM de doble banda lateral) es igual a la diferencia entre la frecuencia lateral superior más alta y la frecuencia lateral inferior más baja o dos veces la frecuencia de la señal moduladora más alta (es decir, $B = 2 f_{m(max)}$). Para la propagación de una onda de radio, la portadora y todas las frecuencias dentro de las bandas laterales

superiores e inferiores deben ser lo suficientemente altas para propagarse por la atmósfera de la tierra.

Coefficiente de modulación y porcentaje de modulación

Coefficiente de modulación es un término utilizado para describir la cantidad de cambio de amplitud (modulación) presente en una forma de onda de AM. El *porcentaje de modulación* es simplemente el coeficiente de modulación establecido como un porcentaje. Más específico, el porcentaje de modulación proporciona el cambio de porcentaje en la amplitud de la onda de salida cuando está actuando sobre la portadora por una señal moduladora. Matemáticamente, el coeficiente de modulación es

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

en donde m = coeficiente de modulación (sin unidad)

E_m = cambio pico en la amplitud del voltaje de la forma de onda de salida (volts)

E_c = amplitud pico del voltaje de la portadora no modulada (volts)

La ecuación anterior puede reorganizarse para resolver a E_m y E_c como

$$E_m = mE_c$$

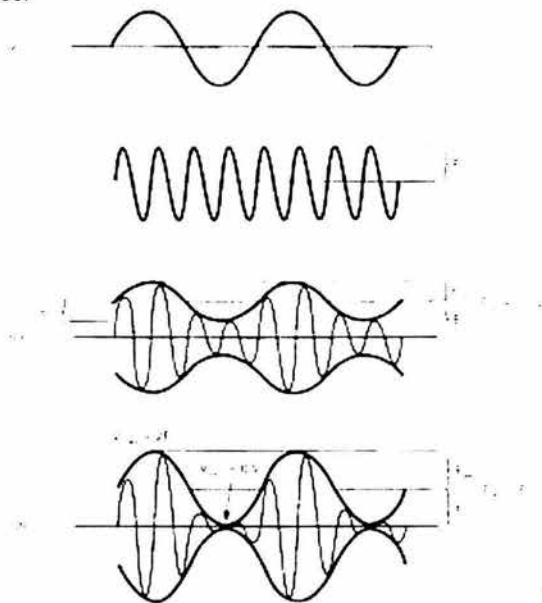
y

$$E_c = \frac{E_m}{m}$$

y el porcentaje de modulación (M) es

$$M = \frac{E_m}{E_c} \times 100$$

o simplemente $m \times 100$.



Porcentaje de modulación de una envolvente de AM DSBFC: (a) señal modulante, (b) portadora no modulada, (c) onda modulada 50%, (d) onda modulada 100%

- **Modulación En Frecuencia Y Fase**

La modulación en frecuencia y en fase, son ambas formas de la *modulación angular*. Desgraciadamente a ambas formas de la modulación angular se les llama simplemente FM cuando, en realidad, existe una diferencia clara (aunque sutil) entre las dos. Existen varias ventajas en utilizar la modulación angular en vez de la modulación en amplitud, tal como la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso más eficiente de la potencia. Sin embargo, FM y PM, tienen varias desventajas importantes las cuales incluyen requerir un ancho de banda extendida y circuitos más complejos. tanto en el transmisor, como en el receptor

La modulación angular fue introducida primero en 1931, como una alternativa a la modulación en amplitud. Se sugirió que la onda con modulación angular era menos susceptible al ruido que AM y, consecuentemente, podía mejorar el rendimiento de las comunicaciones de radio. El mayor E. H. Armstrong desarrolló el primer sistema con éxito de radio de FM, en 1936 (quien también desarrolló el receptor superheterodino) y, en julio de 1939, la primera radiodifusión de señales de FM programada regularmente comenzó en Alpine, New Jersey. Actualmente, la modulación angular se usa extensamente para la radiodifusión de radio comercial, transmisión de sonido de televisión, radio móvil de dos sentidos, radio celular y los sistemas de comunicaciones por microondas y satélite.

La *modulación angular* resulta cuando el ángulo de fase (θ), de una onda sinusoidal varía con respecto al tiempo. La onda con modulación angular se muestra matemáticamente como

$$m(t) = V_c \cos[\omega_c + \theta(t)]$$

en donde $m(t)$ = onda con modulación angular.
 V_c = amplitud pico de la portadora (volts)
 ω_c = frecuencia en radianes de la portadora (es decir velocidad angular, $2\pi f$)
 $\theta(t)$ = desviación instantánea de fase (radianes).

Con la modulación angular, es necesario que $\theta(t)$ sea una función prescrita de señal moduladora. Por lo tanto, si $V_m(t)$ es la señal moduladora, la modulación angular se muestra matemáticamente como

$$\theta(t) = F[V_m(t)]$$

en donde $v_m(t) = V_m \sin(\omega_m t)$
 ω_m = velocidad angular de la señal moduladora (radianes/segundo)
 f_m = frecuencia de la señal moduladora (hertz)
 V_m = amplitud pico de la señal moduladora (voltios)

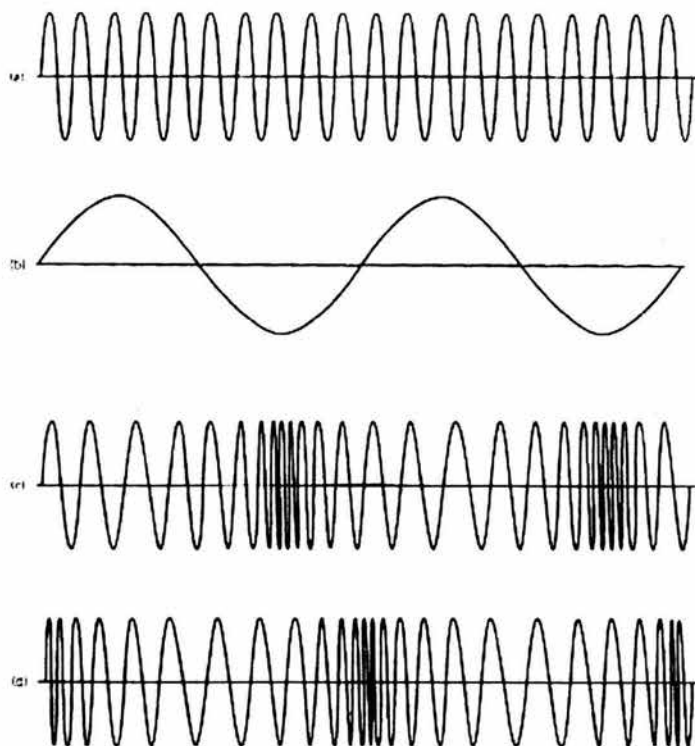
En esencia, la diferencia entre la modulación en frecuencia y en fase está en cuál propiedad de la portadora (la frecuencia o la fase) está variando directamente por la señal moduladora y cuál propiedad está variando indirectamente. Siempre que la frecuencia de la portadora está variando, la fase también se encuentra variando, y viceversa. Por lo tanto, FM y PM, deben ocurrir cuando se realiza cualquiera de las formas de la modulación angular. Si la frecuencia de la portadora varía directamente de acuerdo con la señal moduladora, resulta en una señal de FM. Si la fase de la portadora varía directamente de acuerdo con la señal moduladora, resulta en una señal PM. Por lo tanto, la FM directa es la PM indirecta y la PM directa es la FM indirecta. La modulación en frecuencia y en fase pueden definirse de la siguiente manera:

Modulación en frecuencia directa (FM):

Variando la frecuencia de la portadora de amplitud constante directamente proporcional, a la amplitud de la señal moduladora, con una relación igual a la frecuencia de la señal moduladora.

Modulación en fase directa (PM):

Variando la fase de una portadora con amplitud constante directamente proporcional, a la amplitud de la señal moduladora, con una relación igual a la frecuencia de la señal moduladora.



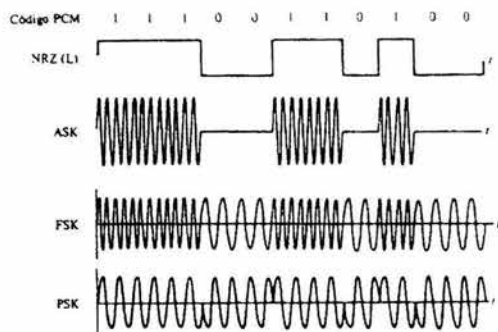
Modulación en fase y en frecuencia de una portadora de onda seno, por una señal de onda seno. (a) portadora demodulada; (b) señal modulante; (c) onda de frecuencia modulada; (d) onda de fase modulada

II.5.2 Modulación digital

Durante los últimos años, la industria de las comunicaciones electrónicas ha experimentado algunos cambios tecnológicos notables. Los sistemas tradicionales de comunicaciones electrónicas que utilizan técnicas de modulación analógica convencional, como la *modulación en amplitud* (AM), la *modulación en frecuencia* (FM), y la *modulación de fase* (PM), se están reemplazando, poco a poco, con sistemas de comunicaciones digitales. Los sistemas de comunicación digital ofrecen varias ventajas sobresalientes, respecto a los sistemas analógicos tradicionales: facilidad de procesamiento, facilidad de multicanalización e inmunidad al ruido.

La modulación con señales digitales se realiza con una cierta velocidad (medida dada en baudios), y se envía la información con una cierta velocidad de transmisión (medida dada en bits/segundo, bps)

Los elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM, es que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas. El radio digital utiliza portadoras analógicas, al igual que los sistemas convencionales. En esencia, hay tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en sistemas de radio digital: transmisión (modulación) por desplazamiento de frecuencia (FSK), transmisión (modulación) por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).



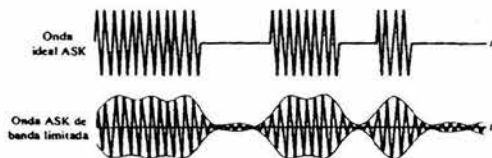
Ondas idealizadas ASK, FSK y PSK.

ASK Conmutación De Corrimiento De Amplitud (Amplitude Shift Keying)

En el conmutador de desplazamiento de amplitud, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se alterna entre dos o más valores en respuesta al código PCM. La onda de amplitud modulada resultante consiste en pulsos RF, llamados marcas, que representan al binario 1, y espacios que representan al binario 0. Como en AM, el ancho de banda base se duplica en ASK.

La onda ASK para un pulso puede escribirse:

$$\phi(t) = \begin{cases} A \text{ sen } \omega_c t & \dots\dots\dots 0 < t \leq T, \\ 0 & \dots\dots\dots \text{en otro caso} \end{cases}$$



Onda binaria ASK.

FSK Transmisión Por Desplazamiento De Frecuencia.

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma, en alguna medida simple, de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal moduladora es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria es

$$v(t) = V_c \cos \left[\left(\omega_c + \left(v_m(t) \frac{\Delta\omega}{2} \right) \right) t \right]$$

donde : $v(t)$ = forma de onda FSK binaria

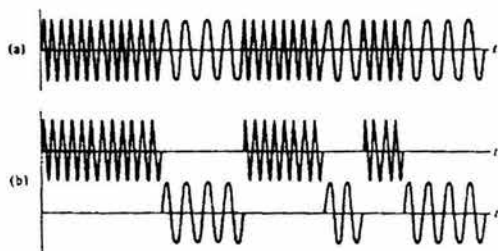
V_c = amplitud pico de la portadora no modulada

ω_c = frecuencia angular de la portadora en radianes / segundo

$v_m(t)$ = señal moduladora digital binaria

$\Delta\omega$ = cambio en frecuencia angular de salida en radianes / segundo

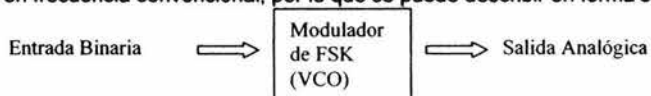
De la ecuación anterior puede verse que, con el FSK binario, la amplitud de la portadora V_c se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia angular en radianes /segundo de la portadora en la salida (ω_c) cambia por una cantidad igual a $\pm \Delta\omega/2$. El cambio de frecuencia ($\Delta\omega/2$) es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 volt y un cero binario -1 volt produciendo cambios de frecuencia de $+\Delta\omega/2$ y $-\Delta\omega/2$, respectivamente. Además, la rapidez a la que cambia la frecuencia de la portadora es igual a la rapidez de cambio de la señal de entrada binaria $v_m(t)$ (o sea, la razón de bit de entrada). Por lo tanto, la frecuencia de la portadora de salida se desvía (cambia), entre $\omega_c + \Delta\omega/2$ y $\omega_c - \Delta\omega/2$ a una frecuencia igual a f_m .



(a) Onda FSK idealizada y (b) su descomposición en dos ondas ASK.

Consideraciones de ancho de banda de FSK

Como con todos los sistemas de comunicación electrónica, el ancho de banda es una de las consideraciones principales para diseñar un transmisor de FSK binario. El FSK es similar a la modulación en frecuencia convencional, por lo que se puede describir en forma similar.



La figura muestra un modulador de FSK binario. Los moduladores de FSK son muy similares a los moduladores de FM convencionales y, a menudo son osciladores de voltaje controlado (VCO). El cambio de entrada más rápido ocurre, cuando la entrada binaria es una serie de unos y ceros alternativos: es decir una onda cuadrada. En consecuencia, si se considera sólo la frecuencia fundamental de entrada, la frecuencia moduladora más alta es igual a la mitad de la razón de bit de entrada.

La frecuencia de reposo del VCO se selecciona de tal forma que, cae a medio camino, entre las frecuencias de marca y espacio. Una condición de 1 lógico, en la entrada, cambia el VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de marca; una condición de 0 lógico, en la entrada, cambia el VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de espacio. En consecuencia, conforme la señal binaria de entrada cambia de 1 a lógico 0 lógico, y viceversa, la frecuencia de salida del VCO se desplaza o se desvía, de un lado a otro, entre las frecuencias de marca y espacio. Debido a que el FSK binario es una forma de modulación en frecuencia, la fórmula para el índice de modulación utilizado en FM, también es válido en FSK binario. El índice de modulación se da como

$$MI = \Delta f / f_m$$

donde MI = índice de modulación (sin unidades)

Δf = desviación de frecuencia (Hz)

f_m = frecuencia moduladora (Hz)

El peor caso del índice de modulación es el que da el ancho de banda de salida más amplio, llamado relación de desviación. Este caso, ocurre cuando tanto la máxima desviación de frecuencia y la frecuencia moduladora están en sus valores máximos.

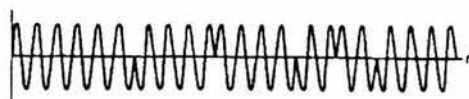
En un modulador de FSK binario, Δf es la desviación de frecuencia pico de la portadora y es igual a la diferencia entre las frecuencias de reposo y la frecuencia de marca o espacio (o la mitad de la diferencia entre las frecuencias de marca y espacio). La desviación de la frecuencia pico depende de la amplitud de la señal moduladora. En una señal digital binaria, todos los unos lógicos tienen el mismo voltaje y todos los ceros lógicos tienen el mismo voltaje; en consecuencia, la desviación de la frecuencia es constante y siempre, en su valor máximo. F_a es igual a la frecuencia fundamental de entrada binaria que bajo la condición del peor caso (unos y ceros alternados) es igual a la mitad de la razón de bit (f_b).

$$MI = |f_m - f_s| / f_b$$

Debido a que el FSK binario es una forma de modulación en frecuencia, de banda angosta, el mínimo ancho de banda depende del índice de modulación. Para un índice de modulación entre 0.5 y 1, se generan dos o tres conjuntos de frecuencias laterales significativas. Por lo tanto, el mínimo ancho de banda es dos o tres veces la razón de bit de entrada.

PSK Conmutación De Desplazamiento De Fase.

En este caso, la fase de la señal portadora se alterna entre dos o más valores en respuesta al código PCM. Para PCM binaria, es conveniente un desfase de 180° porque simplifica el diseño del modulador y por ello se emplea a menudo. Esta elección particular se conoce como conmutador inverso de fase (PRK). La onda PRK puede expresarse como:



Onda PRK.

$$\phi_1(t) = A \sin \omega_c t,$$

$$\phi_2(t) = -A \sin \omega_c t.$$

DPSK Conmutación De Desplazamiento De Fase Diferencial.

En DPSK la información se codifica utilizando las diferencias entre fases en dos intervalos sucesivos de bit. Del mensaje binario de entrada en el transmisor, se genera una secuencia binaria diferencial, que tiene un dígito adicional de comienzo arbitrario. Suponemos que es un 1. Los dígitos sucesivos del código diferencial se determinan por la regla de que no hay cambio en el estado de salida si está presente un 1, y hay cambio si está presente un 0.

BPSK Transmisión Por Desplazamiento De Fase Binaria.

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. Otros nombres que se le dan a BPSK son transmisión inversa de fase (PRK) y modulación bifásica. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua.

Consideraciones del ancho de banda de BPSK.

Un modulador balanceado es un modulador de producto; la señal de salida es el producto de las dos señales de entrada. En un modulador de BPSK, la señal de entrada de la portadora se multiplica por los datos binarios. Si +1V se asigna a un 1 lógico y -1V se le asigna a un 0 lógico, la portadora de entrada ($\sin \omega_c t$) se multiplica, ya sea por +1 o por -1. En consecuencia, la señal de salida es $+1 \sin(\omega_c t)$ o $-1 \sin(\omega_c t)$; la primera representa una señal que está en fase con el oscilador de referencia. Cada vez que cambia la condición de lógica de entrada, cambia la fase de salida. En consecuencia, para BPSK, la razón de cambio de salida (baudios), es igual a la razón de cambio de entrada (bps), y el ancho de banda de salida más amplio, ocurre cuando los datos

binarios de entrada son una secuencia alternativa 1/0. La frecuencia fundamental (f_a) de una secuencia alternativa de bits 1/0 es igual a la mitad de la razón de bit ($f_b/2$). Matemáticamente, la fase de salida de un modulador de BPSK es:

$$\text{salida} = \underbrace{(\text{sen } \omega_a t)}_{\substack{\text{frecuencia fundamental} \\ \text{de la señal} \\ \text{moduladora binaria}}} \times \underbrace{(\text{sen } \omega_c t)}_{\substack{\text{portadora} \\ \text{no modulada}}}$$

$$\text{ó} = \frac{1}{2} \cos(\omega_c - \omega_a)t - \frac{1}{2} \cos(\omega_c + \omega_a)t$$

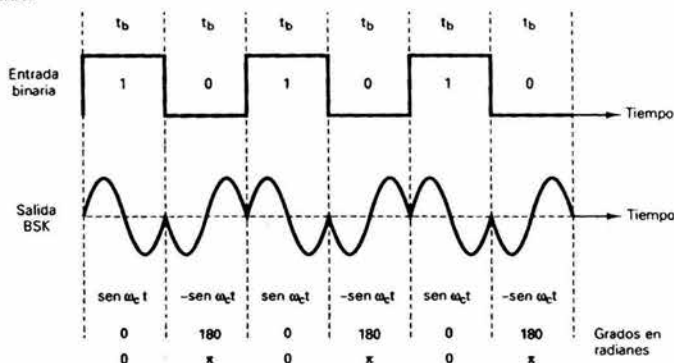
En consecuencia, el mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado (f_n) es

$$\begin{array}{l} +(\omega_c + \omega_a) \\ -(\omega_c - \omega_a) \\ \dots\dots\dots 2\omega_a \end{array} \quad \begin{array}{l} +\omega_c + \omega_a \\ -\omega_c + \omega_a \\ \dots\dots\dots 2\omega_a \end{array}$$

y porque $f_a = f_b/2$

$$f_n = 2(f_b/2) = f_b$$

La figura muestra la fase de salida contra la relación de tiempo para una forma de onda BPSK. El espectro de salida de un modulador de BPSK es, solo una señal de doble banda lateral con portadora suprimida, donde las frecuencias laterales superiores e inferiores están separadas de la frecuencia de la portadora por un valor igual a la mitad de la razón de bit. El mínimo ancho de banda (f_n) requerido, para permitir el peor caso de la señal de salida del BPSK es igual a la razón de bit de entrada.



Relación de la fase de salida contra tiempo para un modulador de BPSK.

Codificación en M-Ario

M-ario es un término derivado de palabra "binario". La M es sólo un dígito que representa el número de condiciones posibles. En los sistemas binarios sólo hay dos condiciones posibles de salida, una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico; por lo tanto son sistemas M-ario donde $M = 2$. Con la modulación digital, con frecuencia es ventajoso codificar a un nivel más alto que el binario. Matemáticamente,

$$N = \log_2 M$$

en donde N = número de bits

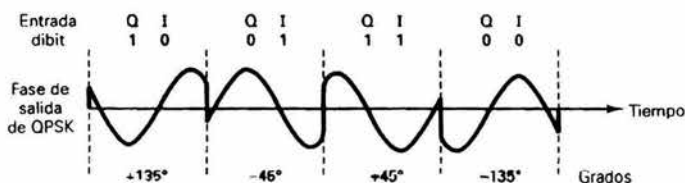
M = número de condiciones de salida posibles con N bits.

QPSK Transmisión Por Desplazamiento De Fase Cuaternaria.

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde $M = 4$. Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora, por lo tanto tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes. Ya que la entrada digital a un modulador QPSK es una señal binaria, para producir cuatro condiciones de entrada diferentes, se necesita tener dos bits, con lo cual obtenemos: 00, 01, 10 y 11, que son grupos de dos bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit introducido al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que, la razón de cambio en la salida (razón de baudio), es la mitad de la razón de bit de entrada.

Consideraciones de ancho de banda para QPSK.

Con QPSK, ya que los datos de entrada se dividen en dos canales, la tasa de bits en el canal I, o en el canal Q, es igual a la mitad de la tasa de datos de entrada ($f_b/2$). En consecuencia, la frecuencia fundamental más alta, presente en la entrada de datos al modulador balanceado, Y o Q, es igual a cuatro de la tasa de datos de entrada ($f_b/4$). Como resultado, la salida de los moduladores balanceados requiere de un mínimo de ancho de banda de Nyquist de doble lado, igual a la mitad de la tasa de bits que están entrando. Por tanto con QPSK se hace una compresión de ancho de banda.



Relación de la fase de salida contra tiempo para un modulador de QPSK.

Además, ya que la señal de salida QPSK no cambia de fase, hasta que 2 bits han sido introducidos al derivador de bits, la tasa de cambio más rápido de salida (baudio) es igual a la mitad de la tasa de bits de entrada. Así como en BPSK, el mínimo ancho de banda y el baudio son iguales.

La salida de los moduladores balanceados puede expresarse matemáticamente como

$$\text{salida} = (\sin \omega_a t)(\sin \omega_c t)$$

donde

$$\underbrace{\omega_a t = 2\pi (f_b/4)t}_{\text{fase modulada}} \quad \text{y} \quad \underbrace{\omega_c t = 2\pi f_c t}_{\text{fase de la portadora demodulada}}$$

El espectro de frecuencia de salida se extiende desde $f_c + f_b/4$ a $f_c - f_b/4$ y el mínimo ancho de banda es $f_N = f_b/2$.

DBPSK

La transmisión por desplazamiento de fase diferencial, es una forma alterna de modulación digital en donde la información de entrada binaria está contenida en la diferencia, entre dos elementos sucesivos de señalización, en lugar de la fase absoluta.

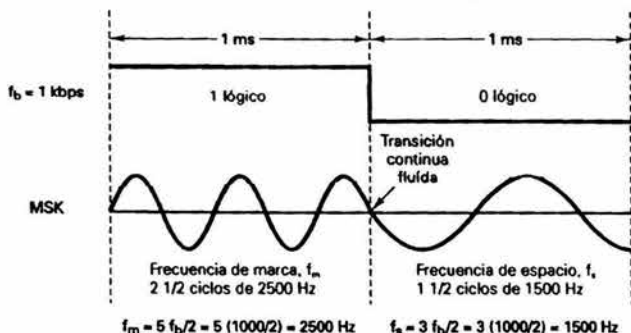
A causa de que tenemos cuatro estados discretos o símbolos con QPSK, podemos transmitir más información por estado en este caso, dos bits de datos binarios se codifican en cada uno de los estados o símbolos. Ya que el rango de símbolos es la mitad de BPSK, QPSK requiere solo la mitad del ancho de banda para la misma tasa de bits. Con este esquema, sin embargo, cuando se mueve de un estado a otro, puede pasar por cero. La modulación se apagaría en ese punto, lo cual es indeseable. Por lo que, se han desarrollado otros formatos tales como $\pi/4$ QPSK (Double

Quadrature Phase Shift Keying, Corrimiento de Fase en Doble Cuadratura) para evitar que esto ocurra. En este sistema, la información se codifica diferencialmente, significando que en lugar del símbolo transmitido defina una posición en el diagrama de constelación (diagrama I-Q), define la cantidad de corrimiento de fase. Este corrimiento de fase se define de tal forma que la señal nunca pueda pasar a través de cero.

MSK Comutación De Corrimiento Mínimo.

La transmisión de desplazamiento mínimo del FSK (MSK), es una forma de transmitir desplazando la frecuencia de fase continua (CPFSK). En esencia, el MSK es un FSK binario, excepto que las frecuencias de marca y espacio están sincronizadas con la razón de bit de entrada binario. Con MSK, las frecuencias de marca y espacio están seleccionadas, de tal forma que están separadas de la frecuencia central por un múltiplo impar de la mitad de la razón de bit [f_m y $f_s = n(f_b/2)$, donde $n = a$ cualquier número impar].

Esto asegura que haya una transición de fase fluida, en la señal de salida analógica, cuando cambia de una frecuencia de marca a una frecuencia de espacio y viceversa.



Forma de onda de MSK de fase continua.

GMSK

Dado que las señales MSK pueden ser generadas por una modulación directa FM, puede ser obtenido un espectro de potencia angosto a la salida por medio de una pre-modulación y un filtro paso bajas (LPF) mientras se conserva la propiedad de una envolvente constante; para obtener un espectro de potencia de salida compacto, la premodulación LPF necesita cumplir con las siguientes condiciones.

- Ancho de Banda angosto.
- Baja respuesta a al impulso.
- Preservación del área del pulso a la salida del filtro.

Estas condiciones son necesarias para suprimir las altas componentes de frecuencia, para prevenir desviaciones de frecuencia instantánea excesivas y para asegurar la aplicabilidad de una detección coherente.

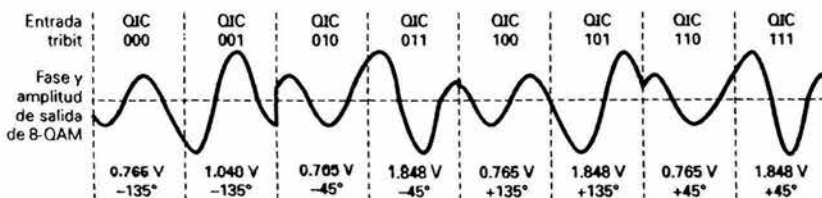
La modulación GMSK (Gaussian Minimun Shift Keying), la cual satisface las condiciones 1,2 y 3 fue experimentalmente mostrada como una técnica atractiva para sistemas digitales de radio móvil.

QAM Modulación De Amplitud En Cuadratura.

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida. En QAM se utiliza una unidad básica para la transmisión de datos llamada quadbit o nibble que significa la agrupación de cuatro bits. La versión más usada en este tipo de modulación es la que emplea doce ángulos de fase en conjunción con tres amplitudes, de lo cual resultan treinta y dos combinaciones de fase-amplitud que dan forma a la llamada "constelación" de fases.

QAM De Ocho

El QAM de ocho (8-QAM) es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=8$. A diferencia del 8-PSK, la señal de salida de un modulador de 8-QAM no es una señal de amplitud constante.



Relación de fase y amplitud de salida contra tiempo

Consideraciones Del Ancho De Banda Para 8-QAM

La tasa de bits, en los canales I y Q, es un tercio de la tasa binaria de entrada, al igual que con el 8-PSK. El mínimo ancho de banda requerido es $f_b/3$.

16-QAM

El 16-QAM es un sistema M-ario, en donde $M = 16$. Actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ($2^4 = 16$). Como con el 8-QAM, tanto la fase y la amplitud de la portadora transmisora son variados.

Recuperación de la portadora.

La recuperación de la portadora es el proceso de extraer una portadora de frecuencia coherente, en fase, de una señal recibida. A esto se le llama, a veces, referencia de fase. En las técnicas de modulación de fase descritas los datos binarios fueron codificados como fase precisa de la portadora transmitida. Dependiendo del método de codificación, la separación angular entre los fasores adyacentes varió entre 30 y 180°. Para demodular correctamente los datos, se recupera y compara una portadora de fase coherente, con la portadora recibida, en un detector de producto. Para determinar la fase absoluta de la portadora recibida, es necesario producir una portadora en el receptor que sea coherente, en fase, con el oscilador de referencia transmitida. Ésta es la función del circuito de recuperación de portadora.

Con PSK y QAM, la portadora se suprime en los moduladores balanceados y, por lo tanto, no se transmite. En consecuencia, en el receptor la portadora simplemente no puede rastreadse con un circuito de fase cerrada estándar. Con los sistemas de portadora suprimida, se requieren métodos sofisticados de recuperación de la portadora como un circuito cuadrado, un circuito de Costas o un remodulador.

RESUMEN DE LA MODULACION DIGITAL

Modulación	Codificación	Ancho de banda (Hz)	Baudio	Eficiencia del ancho de banda (bps/Hz)
FSK	Bit sencillo	$\geq f_b$	f_b	≤ 1
BPSK	Bit sencillo	f_b	f_b	1
QPSK	Dibit	$f_b/2$	$f_b/2$	2
8-PSK	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
8-QAM	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-PSK	Quadbit	$f_b/4$	$f_b/4$	4
16-QAM	Quadbit	$f_b/4$	$f_b/4$	4

II.5.3 Modulación De Pulsos Para Transmisión Digital

La modulación de pulsos incluye métodos para convertir información en forma de pulsos para transferirlos. Los cuatro métodos predominantes son:

Modulación de Ancho de Pulso

(PWM) que en ocasiones es llamado Modulación de Duración del Pulso (PDM) o modulación de longitud de pulso (PLM). El ancho del pulso (porción activa del ciclo de trabajo) es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

Modulación de Posición de Pulsos

(PPM), la posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prescrita, varía de acuerdo con la amplitud de la señal analógica.

Modulación de Amplitud de Pulso

(PAM) donde la amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varía de acuerdo con la amplitud de la señal analógica.

Modulación de Pulsos Codificados

(PCM). La señal analógica se muestra y se convierte en una longitud fija, número binario serial para transmisión. El número binario varía de acuerdo con la amplitud de la señal analógica.

PAM se utiliza como una forma intermedia de modulación con PSK, QAM y PCM; PWM y PPM se usan en los sistemas de comunicación de propósitos especiales, raramente en los comerciales. PCM es el método comúnmente usado.

II.5.4 Códigos de línea.

Un código es una forma de representar un mensaje o una información de manera que se obtenga una transmisión de forma más eficiente. Las características que debe cumplir un código son las siguientes:

- Tener información suficiente de base de tiempo (reloj) para garantizar sincronía del receptor.
- Que elimine la componente de directa (CD).
- Dar inmunidad contra la inversión de fase
- No permitir la propagación de errores.

En una señal unipolar, los dos signos se codifican con la misma polaridad a partir de una referencia.

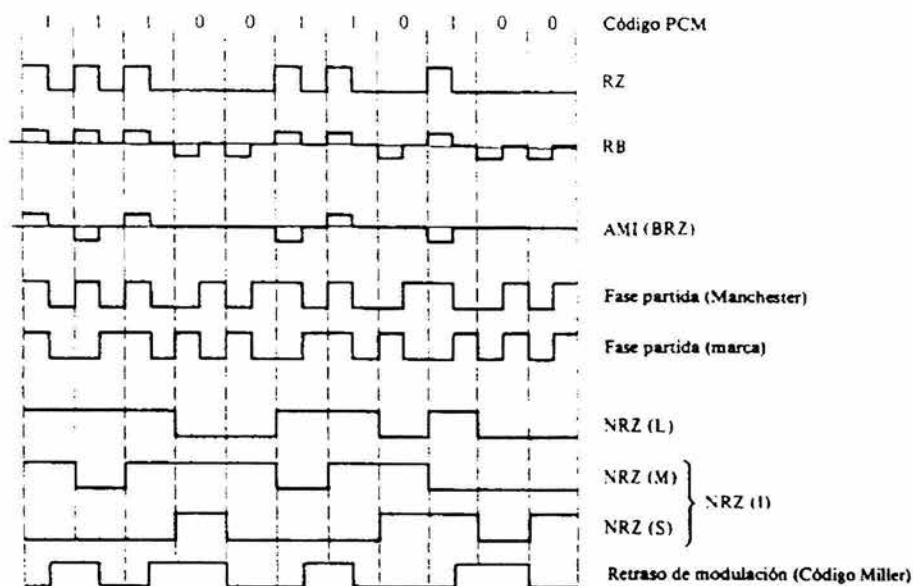
En una señal polar, los dos signos son contrarios de polaridad, sin embargo, cada uno de ellos mantiene su polaridad.

El código de vuelta a cero (RZ) representa al "1" por un cambio al nivel "1" durante la mitad del intervalo de bit, después de lo cual la señal regresa al nivel de referencia de la mitad restante. Un "0" se indica permaneciendo la señal sin cambio en el nivel de referencia.

En el código de vuelta a la polaridad (RB) se usan tres niveles, "0", "1" y un nivel de polarización. El nivel de polarización puede elegirse por debajo de o entre los otros dos niveles, por ejemplo una referencia a cero. La señal regresa al nivel de polarización durante la última mitad de cada intervalo de bit. En este código la frecuencia del reloj se localiza fácilmente de la magnitud del código de pulsos. Sin embargo, el valor medio de la señal depende de la proporción de unos y ceros en la señal.

En el código de inversión alterna de marca (AMI) los unos binarios se representan por "+1" y "-1" de manera alterna. Esta representación se deriva fácilmente del código RZ invirtiendo

alternativamente los unos. Tiene valor medio cero y es muy usado en sistemas telefónicos PCM. También se le conoce como BRZ (representación bipolar regreso a cero).



Algunas formas de representar datos binarios.

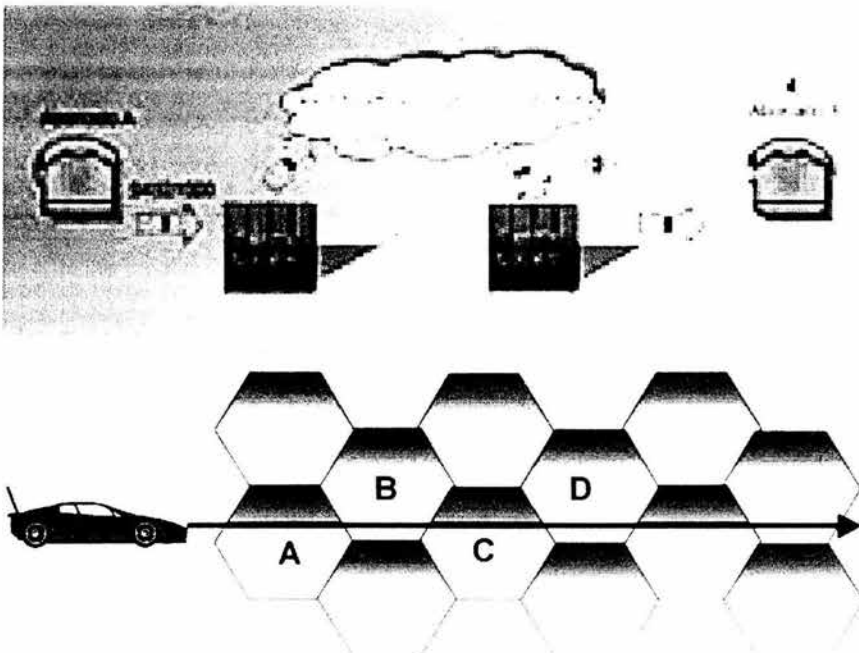
Las representaciones binarias de fase partida eliminan la variación del valor medio, por simetría. En el código de fase partida de Manchester, el uno se representa por el nivel "1" durante la primera mitad del intervalo de bit y luego desplazado al nivel cero durante la mitad restante; el "0" se indica con la representación inversa. En el código de marca, se usa una representación simétrica similar excepto en que la inversión de fase con relación a la fase previa indica un "1" (es decir, una marca) y para indicar un "0" no hay cambio de fase.

El código NRZ (no retorno a cero) reduce el ancho de banda necesario para enviar el código PCM. En la representación NRZ(L) el pulso de bit se mantiene en uno de los dos niveles todo el intervalo. Con NRZ(M) se usa un cambio de nivel para indicar un "1" y ningún cambio de nivel para un "0". En NRZ(S) se utiliza el mismo esquema excepto que el cambio de nivel se usa para indicar un cero. Ambos son ejemplos de la clasificación general NRZ(I) en la que un cambio de nivel se usa para indicar una clase de dígito binario y un nivel constante para la otra. Las representaciones NRZ son eficientes en términos de ancho de banda, pero requieren cierta complejidad en el receptor para determinar la frecuencia de reloj al igual que la de fase partida.

En el código Miller un "1" se representa por una transición de señal en el centro del intervalo de un bit. Un "0" no presenta transición excepto cuando es seguido por otro cero, donde la transición ocurre al final del intervalo de bit. En este método, una sucesión de unos y otra de ceros se representa con una onda cuadrada, pero desfasados medio intervalo de bit.

Capítulo 3

INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA



III. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA

El teléfono contiene un diafragma que vibra al recibir el impacto de ondas de sonido. Las vibraciones se transforman en pulsaciones eléctricas y se transmiten a un receptor que las vuelve a convertir en sonido.

En el lenguaje coloquial, la palabra teléfono también designa todo el sistema al que va conectado un aparato de teléfono; un sistema que permite enviar no sólo voz, sino también datos, imágenes o cualquier otro tipo de información que pueda codificarse y convertirse en energía eléctrica. Esta información viaja entre los distintos puntos conectados a la red. La red telefónica se compone de todas las vías de transmisión entre los equipos de los abonados y de los elementos de conmutación que sirven para seleccionar una determinada ruta o grupo de ellas entre dos abonados.

III.1 EVOLUCIÓN

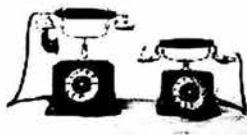
En 1854 el inventor francés Charles Bourseul planteó la posibilidad de utilizar las vibraciones causadas por la voz sobre un disco flexible o diafragma con el fin de activar y desactivar un circuito eléctrico y producir unas vibraciones similares en un diafragma situado en un lugar remoto que reproduciría el sonido original. Algunos años más tarde, el físico alemán Johann Philip Reis inventó un instrumento que transmitía notas musicales pero no era capaz de reproducir la voz humana. En 1877, tras haber descubierto que para transmitir la voz sólo se podía utilizar corriente continua, el inventor norteamericano Alexander Graham Bell construyó el primer teléfono capaz de transmitir y recibir voz humana con toda su calidad y su timbre junto con T. Watson y solo unas horas antes que Elisha Gray.

El conjunto básico del invento de Bell estaba formado por un emisor, un receptor y un único cable de conexión. El emisor y el receptor eran idénticos y contenían un diafragma metálico flexible y un imán con forma de herradura dentro de una bobina. Las ondas sonoras que incidían sobre el diafragma lo hacían vibrar dentro del campo del imán. Esta vibración inducía una corriente eléctrica en la bobina que variaba según las vibraciones del diafragma. La corriente viajaba por el cable hasta el receptor, donde generaba fluctuaciones de la intensidad del campo magnético de éste, haciendo que su diafragma vibrase y reprodujese el sonido original.

III.1.1 Partes del aparato telefónico

El aparato telefónico consta de un transmisor, un receptor, un dispositivo marcador, una alarma acústica y un circuito supresor de efectos locales. Si se trata de un aparato de dos piezas, el transmisor y el receptor van montados en el auricular, el timbre se halla en la base y el elemento de marcado y el circuito supresor de efectos locales pueden estar en cualquiera de las dos partes, pero por lo general van juntos. Los teléfonos más complejos pueden llevar un micrófono y un altavoz en la pieza base, aparte del transmisor y el receptor en el auricular. En los teléfonos portátiles el cable del auricular se sustituye por un enlace de radio entre el auricular y la base, aunque sigue teniendo un cable para la línea. Los teléfonos celulares suelen ser de una sola pieza, y sus componentes en miniatura permiten combinar la base y el auricular en un elemento manual que se comunica con una estación remota de radio. No precisan línea ni cables para el auricular y resultan muy portátiles.

La invención del transmisor telefónico de carbono por Emile Berliner constituye la clave en la aparición del teléfono útil. Consta de unos gránulos de carbono colocados entre unas láminas metálicas denominadas electrodos, una de las cuales es el diafragma, que transmite variaciones de presión a dichos gránulos. Los electrodos conducen la electricidad que circula a través del carbono. Las variaciones de presión originan a su vez una variación de la resistencia eléctrica del carbono. A través de la línea se aplica una corriente continua a los electrodos y la corriente continua resultante también varía. La fluctuación de dicha corriente a través del



transmisor de carbono se traduce en una mayor potencia que la inherente a la onda sonora original. Este efecto se denomina *amplificación*, y tiene una importancia crucial. Un transmisor electromagnético sólo es capaz de convertir energía y siempre producirá una energía eléctrica menor que la que contiene una onda sonora.

Dado que el transmisor de carbono no resulta práctico a la hora de convertir energía eléctrica en presión sonora, los teléfonos fueron evolucionando hacia receptores separados de los transmisores. Esta disposición permite colocar el transmisor cerca de los labios para recoger el máximo de energía sonora y el receptor en el auricular, lo cual elimina los molestos ruidos de fondo. El receptor sigue siendo un imán permanente con un arrollamiento de hilo conductor, pero ahora lleva un diafragma de aluminio sujeto a una pieza metálica. Los detalles del diseño han experimentado enormes mejoras, pero el concepto original continúa permitiendo equipos sólidos y eficaces.

El marcado telefónico ya ha sufrido toda una evolución a lo largo de su historia. Existen dos formas de marcado, el de pulsaciones y el de multifrecuencias o tonos.

El disco de marcado tiene un diseño mecánico muy ingenioso; consta de los números 1 al 9 seguidos del 0, colocados en círculo debajo de los agujeros de un disco móvil y perforado. Se coloca el dedo en el agujero correspondiente al número elegido y se hace girar el disco en el sentido de las agujas del reloj hasta alcanzar el tope y a continuación se suelta el disco. Un muelle obliga al disco a volver a su posición inicial y, al mismo tiempo que gira, abre un conmutador eléctrico tantas veces como se haga girar el disco, para marcar el número elegido; en el caso del 0, se efectúan 10 aperturas ya que es el último número del disco. El resultado es una serie de pulsaciones de llamada en la corriente eléctrica que transcurre entre el aparato telefónico y la central. Cada pulsación tiene una amplitud igual al voltaje suministrado por la pila, generalmente 50 voltios, y dura unos 45 milisegundos. Los equipos de la central cuentan estas pulsaciones y determinan el número que se desea marcar.

Las pulsaciones eléctricas producidas por el disco giratorio resultan idóneas para el control de los equipos de conmutación paso-a-paso de las primeras centrales de conmutación automáticas. Sin embargo, el marcado mecánico constituye una de las fuentes principales de costos de mantenimiento y el proceso de marcado por disco resulta lento, sobre todo en el caso de números largos.

La disponibilidad de la *amplificación* barata y fiable que trajo el transistor aconsejó el diseño de un sistema de marcado basado en la transmisión de unos tonos de potencia bastante pequeña, en vez de las pulsaciones de marcado de gran potencia. Cada botón de un teclado de multifrecuencia controla el envío de una pareja de tonos. Se utiliza un esquema de codificación 2 de 7 en el que el primer tono corresponde a la fila de una matriz normal de 12 botones y el segundo a la columna (4 filas más 3 columnas necesitan 7 tonos).

En algunos casos cuentan con una extensión a 16 botones para propósitos generales de comunicación. El presionar un botón causa que un circuito electrónico genere dos tonos en el ancho de banda de 300 a 3400 Hz.

Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Actualmente, la mayoría de los teléfonos llevan botones en vez de disco de marcado. Dado que el sistema de tonos se comercializaba opcionalmente con un costo adicional, las operadoras tienen que seguir soportando la posibilidad de recibir pulsaciones o multitonos. Como un usuario que compra un equipo puede disponer de una línea que no admite señales de multifrecuencia, los teléfonos de botones disponen generalmente de un conmutador que permite seleccionar el envío de pulsaciones o tonos.

Hay un elemento funcional importante del teléfono que resulta invisible para el usuario: el circuito supresor de efectos locales. Las personas controlan el tono de voz al hablar y ajustan en consonancia el volumen, fenómeno que se denomina *efecto local*. En los primeros teléfonos, el

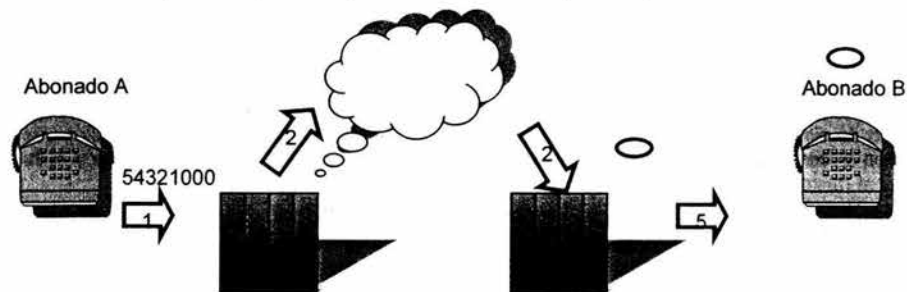
receptor y el transmisor del equipo iban conectados directamente entre sí y a la línea. Esto hacía que el usuario oyera su propia voz a través del receptor con mucha más fuerza que cuando no lo tenía pegado a la oreja. El sonido era mucho más fuerte que el normal porque el micrófono de carbono amplifica la energía sonora al mismo tiempo que la convierte de acústica a eléctrica. Además de resultar desagradable, esto obligaba al usuario a hablar con mayor suavidad, dificultando la escucha por parte del receptor.

El circuito supresor original contenía un transformador junto con otros componentes cuyas características dependían de los parámetros eléctricos de la línea telefónica. El receptor y el transmisor iban conectados a diferentes puertos del circuito (en este caso, diferentes arrollamientos del transformador), no entre sí. El circuito supresor transfiere energía del transmisor a la línea (aunque parte también a otros componentes), sin que nada pase al receptor. Así se elimina la sensación de que uno grita en su propia oreja.

III.1.2 Circuitos y centrales

La llamada telefónica se inicia en la persona que levanta el auricular y espera el tono de llamada. Esto provoca el cierre de un conmutador eléctrico. El cierre de dicho conmutador activa el flujo de una corriente eléctrica por la línea de la persona que efectúa la llamada, entre la ubicación de ésta y el edificio que alberga la central automática, que forma parte del sistema de conmutación. Se trata de una corriente continua que no cambia su sentido de flujo, aun cuando pueda hacerlo su intensidad o amplitud. La central detecta dicha corriente y devuelve un tono de llamada, una combinación concreta de dos notas para que resulte perfectamente detectable tanto por los equipos como por las personas.

Una vez escuchado el tono de llamada, la persona teclea una serie de números mediante los botones del auricular o del equipo de base. Esta secuencia es exclusiva de otro abonado, la persona a quien se llama. El equipo de conmutación de la central elimina el tono de llamada de la línea tras recibir el primer número y, una vez recibido el último, determina si el número que se quiere contactar pertenece a la misma central o a otra diferente. En el primer caso, se aplican una serie de intervalos de corriente de llamada a la línea. La corriente de llamada es corriente alterna de 20 Hz, que fluye en ambas direcciones 20 veces por segundo. El teléfono del usuario tiene una alarma acústica que responde a la corriente de llamada mediante un sonido perceptible. Cuando se responde al teléfono levantando el auricular, comienza a circular una corriente continua por su línea que es detectada por la central. Ésta deja de aplicar la corriente de llamada y establece una conexión entre la persona que llama y la llamada que es la que sirve para hablar.

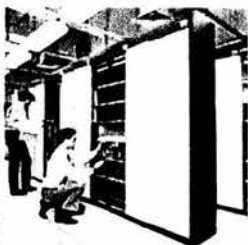


En los primeros teléfonos, la corriente estaba generada por una batería. El circuito local tenía, además de la batería y el transmisor, un arrollamiento de transformador, que recibe el nombre de bobina de inducción; el otro arrollamiento, conectado a la línea, elevaba el voltaje de la onda sonora. Las conexiones entre teléfonos eran de tipo manual, a cargo de operadores que trabajaban en centralitas ubicadas en las oficinas centrales de conmutación.

A medida que se fueron desarrollando los sistemas telefónicos, las conexiones manuales empezaron a resultar demasiado lentas y laboriosas. Esto fue el detonante para la construcción de una serie de dispositivos mecánicos y electrónicos que permitiesen las conexiones automáticas.

Los teléfonos modernos tienen un dispositivo electrónico que transmite una serie de impulsos sucesivos de corriente o varios tonos audibles correspondientes al número marcado. Los equipos electrónicos de la central de conmutación se encargan de traducir automáticamente la señal y de dirigir la llamada a su destino.

La tecnología de estado sólido ha permitido que estas centrales puedan procesar las llamadas a una velocidad de una millonésima de segundo, por lo que se pueden procesar simultáneamente grandes cantidades de llamadas. El circuito de entrada convierte en primer lugar la voz del llamador a impulsos digitales. Estos impulsos se transmiten entonces a través de la red mediante sistemas de alta capacidad que conectan las diferentes llamadas con base en operaciones matemáticas de conmutación computarizadas. Las instrucciones para la operativa del sistema se hallan almacenadas en la memoria de una computadora. El mantenimiento de los equipos se ha simplificado gracias a la duplicidad de los componentes. Cuando se produce algún fallo entra automáticamente en funcionamiento una unidad de respaldo para manejar las llamadas. Gracias a estas técnicas el sistema puede efectuar llamadas rápidas, tanto locales como a larga distancia, determinando con rapidez la ruta más eficaz.



III.1.3 Telefonía transoceánica

El servicio de radio teléfono transoceánico se implantó comercialmente en 1927, pero el problema de la amplificación frenó el tendido de cables telefónicos hasta 1956, año en que entró en servicio el primer cable telefónico submarino transoceánico del mundo, que conectaba Terranova y Escocia.

III.1.4 Telefonía y Medios de Transmisión

Por onda portadora

Utilizando frecuencias superiores al rango de voz, que va desde los 4,000 Hz hasta varios hertz, se pueden transmitir simultáneamente hasta 13,200 llamadas telefónicas por una misma conducción. Las técnicas de telefonía por onda portadora también se utilizan para enviar mensajes telefónicos a través de las líneas normales de distribución sin interferir con el servicio ordinario. Debido al crecimiento de tamaño y complejidad de los sistemas, se utilizan los amplificadores de estado sólido, denominados repetidores, para amplificar los mensajes a intervalos regulares.

Cable coaxial

El cable coaxial, que apareció en 1936, utiliza una serie de conductores para soportar un gran número de circuitos. El cable coaxial está fabricado con tubos de cobre. Cada uno de ellos lleva, justo en el centro del tubo, un hilo fino de cobre sujeto con aislantes plásticos. El tubo y el hilo tienen el mismo centro, es decir, son coaxiales. Los tubos de cobre protegen la señal transmitida de posibles interferencias eléctricas y evitan pérdidas de energía por radiación. Un cable, compuesto por 22 tubos coaxiales dispuestos en anillos encastrados en polietileno y plomo, puede transportar simultáneamente 132,000 mensajes.

Fibras ópticas

Los cables coaxiales se están sustituyendo progresivamente por fibras ópticas de cristal. Los mensajes se codifican digitalmente en impulsos de luz y se transmiten a grandes distancias. Un cable de fibra puede tener hasta 50 pares de ellas, y cada par soporta hasta 4,000 circuitos de voz. El fundamento de la nueva tecnología de óptica por fibras, el láser, aprovecha la región visible del espectro electromagnético, donde las frecuencias son miles de veces superiores a las de la radio y, por consiguiente, pueden transportar un volumen mucho mayor de información. El diodo emisor de luz (LED), un dispositivo más sencillo, puede resultar adecuado para la mayoría de las funciones de transmisión.

Un cable de fibra óptica, el TAT 8, transporta más del doble de circuitos transatlánticos que los existentes en los años ochenta. Formando parte de un sistema que se extiende desde Nueva Jersey hasta Inglaterra y Francia, puede transmitir hasta 50,000 conversaciones a la vez. Este tipo de cables sirven también de canales para la transmisión a alta velocidad de datos informáticos, siendo más segura que los que proporcionan los satélites de comunicación. Otro avance importante en las telecomunicaciones, el TAT 9, un cable de fibra con mucha mayor capacidad, entró en funcionamiento en 1992 y puede transmitir simultáneamente 75,000 llamadas.

Retransmisor de microondas

En este método de transmisión, las ondas de radio que se hallan normalmente en la banda de frecuencias superaltas y que se denominan microondas, se remiten de estación a estación. Dado que la transmisión de microondas exige un camino expedito entre estación emisora y receptora, la distancia media entre estaciones repetidoras es de unos 40 km. Un canal de relé de microondas puede transmitir hasta 600 conversaciones telefónicas.



Telefonía por satélite

En 1969 se completó la primera red telefónica global con base en una serie de satélites en órbitas estacionarias a una distancia de 35,880 km. respecto de la tierra. Estos satélites van alimentados por células de energía solar. Las llamadas transmitidas desde una antena terrestre se amplifican y se retransmiten a estaciones terrestres remotas. La integración de los satélites y los equipos terrestres permite dirigir llamadas entre diferentes continentes con la misma facilidad que entre lugares muy próximos. Gracias a la digitalización de las transmisiones, los satélites de la serie global Intelsat pueden retransmitir simultáneamente hasta 33,000 llamadas, así como diferentes canales de televisión.

Un único satélite no serviría para realizar una llamada, por ejemplo, entre Nueva York y Hong Kong, pero dos sí. Incluso teniendo en cuenta el costo de un satélite, esta vía resulta más barata de instalar y mantener por canal que la ruta equivalente utilizando cables coaxiales tendidos por el fondo del mar. En consecuencia, para grandes distancias se utilizan en todo lo posible los enlaces por satélite.



Sin embargo, los satélites presentan una desventaja importante. Debido a la gran distancia hasta el satélite y la velocidad limitada de las ondas de radio, hay un retraso apreciable en las respuestas habladas. Por eso, muchas llamadas sólo utilizan el satélite en un sentido de la transmisión (por ejemplo, de Nueva York hacia San Francisco) y un enlace terrestre por microondas o coaxial en el otro sentido. La mayoría de las grandes ciudades están hoy enlazadas por una combinación de conexiones por microondas, cable coaxial, fibra óptica y satélites. La capacidad de cada uno de los sistemas depende de su antigüedad y el territorio cubierto (los cables submarinos están diseñados de forma muy conservadora y tienen menor capacidad que los cables de superficie), pero en general se pueden clasificar de la siguiente forma: la digitalización simple a través de un par paralelo proporciona decenas de circuitos por par; la coaxial permite cientos de circuitos por par y miles por cable; las microondas y los satélites dan miles de circuitos por enlace y la fibra óptica permite hasta decenas de miles de circuitos por fibra. La capacidad de cada tipo de sistema ha ido aumentando notablemente desde su aparición debido a la continua mejora de la ingeniería.

Teléfonos y radiodifusión

Los equipos de telefonía de larga distancia pueden transportar programas de radio y televisión a través de grandes distancias hasta muchas estaciones dispersas para su difusión simultánea. En algunos casos, la parte de audio de los programas de televisión se puede transmitir mediante circuitos de cables a frecuencias audio o a las frecuencias de portadora utilizadas para transmitir

las conversaciones telefónicas. Las imágenes de televisión se transmiten por medio de cables coaxiales, microondas y circuitos de satélites.

Comunicación móvil celular

Los teléfonos celulares, que se utilizan en los coches, aviones y trenes de pasajeros, son en esencia unos radiotelefonos de baja potencia. Las llamadas pasan por los transmisores de audio colocados dentro de pequeñas unidades geográficas llamadas células. Dado que las señales de cada célula son demasiado débiles para interferir con las de otras células que operan en las mismas frecuencias, se puede utilizar un número mayor de canales que en la transmisión con radiofrecuencia de alta potencia.

Tendencias tecnológicas

La sustitución de los cables coaxiales transoceánicos por cables de fibra óptica continuará a lo largo de los años noventa. Los avances de la tecnología de circuitos integrados y de los semiconductores han permitido diseñar y comercializar teléfonos que no sólo producen calidad de voz de alta fidelidad, sino que ofrecen toda una serie de funciones como números memorizados, desvío de llamadas, espera de llamadas e identificación del llamador.

III.2 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS CELULARES

El concepto de sistema celular fue un gran avance en la resolución del problema de la congestión espectral y de la capacidad del usuario. Éste ofrecía una gran capacidad en una localización limitada del espectro sin grandes cambios tecnológicos. La idea de un sistema celular consiste en un sistema basado en varios niveles de celdas: un transmisor de gran potencia (celda grande) con muchos transmisores de baja potencia (celdas pequeñas), cada una proporcionando cobertura a sólo una pequeña porción del área de servicio. A cada estación base se le asigna una porción del número total de canales disponibles en el sistema completo, y a las estaciones base cercanas se les asignan diferentes grupos de canales de forma que los canales disponibles son asignados en un número relativamente pequeño de estaciones base vecinas. A las estaciones base vecinas se les asigna diferentes grupos de canales de forma que las interferencias entre las estaciones base (y entre los usuarios móviles bajo su control) se reducen. Espaciando sistemáticamente las estaciones base y sus grupos de canales a través de un mercado, los canales disponibles se distribuyen a través de una región y pueden ser reutilizadas tantas veces como sea necesario, siempre que la interferencia entre estaciones con el mismo canal se mantenga por debajo de unos niveles aceptables.

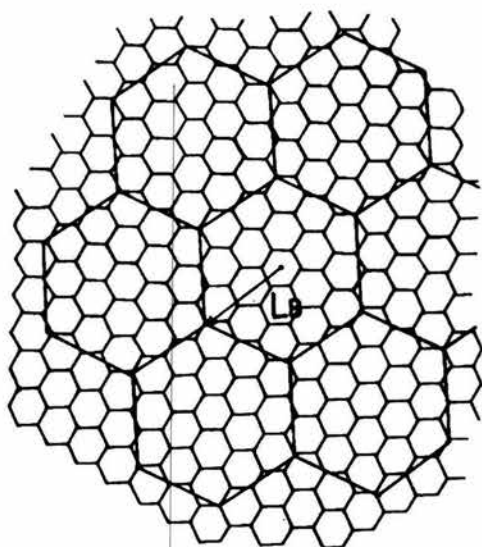
Conforme crece la demanda de servicios, se debe incrementar el número de estaciones base, proporcionando una capacidad de radio adicional sin incremento del espectro de radio. Este principio es el fundamento de todos los sistemas modernos de comunicaciones inalámbricas.

III.2.1 Reutilización de frecuencias

Los sistemas de radio celulares se basan en la colocación inteligente así como de la reutilización de los canales a través de una región de cobertura. Al proceso de diseño de seleccionar y colocar grupos de canales en todas las estaciones base dentro de un sistema, se le llama reutilización de frecuencias o planificación de frecuencias.

El concepto de reutilización de frecuencias, donde las celdas con la misma letra utilizan el mismo grupo de canales, se describe a continuación. La forma hexagonal de la celda mostrada en la figura es conceptual y es un modelo simple de la cobertura de radio para cada estación base, pero ha sido universalmente adoptado dado que el hexágono permite un análisis fácil y manejable de un sistema celular. La cobertura real de una celda se conoce como huella ("footprint") y se determina de los modelos de campo o de los modelos de predicción de la propagación.

Cuando usamos hexágonos para modelar las áreas de cobertura, los transmisores de las estaciones base pueden estar bien en el centro de las celdas o bien en tres de las esquinas de las seis de las celdas. Normalmente las antenas omni-direccionales se suelen colocar en el centro de las celdas, y las antenas de dirección selectiva se suelen colocar en las esquinas de las celdas.



A las N celdas que usan un conjunto completo de frecuencias disponibles se les llama cluster. Si un cluster se repite M veces dentro de un sistema, el número total de canales dúplex, C , se puede usar como una medida de la capacidad.

$$C = M N K$$

Donde C : canales dúplex (capacidad)

M : número de clusters

K : canales en cada célula

N : número de células por cluster

En la ecuación anterior, a N se le llama también tamaño del cluster y son valores típicos los de 4, 7 y 12. Si el tamaño del cluster N se reduce mientras que el tamaño de la celda permanece constante, se requerirán más clusters para cubrir un área dada y por tanto se logrará una mayor capacidad. Cuanto mayor sea N , mayor va a ser la distancia entre estaciones base con el mismo grupo de canales, menor será su interferencia, pero la capacidad del sistema será menor también. Desde un punto de vista del diseñador, es deseable usar el valor de N más pequeño posible, para maximizar la capacidad dentro de un área de cobertura.

III.2.2 Estrategias de Asignación de canales

Para la utilización eficiente del espectro de radio, se requiere un sistema de reutilización de frecuencias que aumente la capacidad y minimice las interferencias. Se han desarrollado una gran variedad de estrategias de asignación de canales para llevar a cabo estos objetivos. Las estrategias de asignación de canales se pueden clasificar en fijas o dinámicas. La elección de la estrategia de asignación de canales va a imponer las características del sistema, particularmente, en cómo se gestionan las llamadas cuando un usuario pasa de una celda a otra (handover).

En una estrategia de asignación de canales fija, a cada celda se le asigna un conjunto predeterminado de canales. Cualquier llamada producida dentro de la celda, sólo puede ser servida por los canales inutilizados dentro de esa celda en particular. Si todos los canales de esa celda están ocupados, la llamada se bloquea y el usuario no recibe servicio. Existen algunas variantes de esta estrategia. Una de ellas permite que una celda vecina le preste canales si tiene todos sus canales ocupados. El Centro de Conmutación Móvil ("Mobile Switching Center" o MSC) supervisa que estos mecanismos de préstamo no interfieran alguna de las llamadas en progreso de la celda donadora.

En una estrategia de asignación de canales dinámica, los canales no se colocan en diferentes celdas permanentemente. En su lugar, cada vez que se produce un requerimiento de llamada la estación base servidora pide un canal al MSC. Éste entonces coloca un canal en la celda que lo pidió siguiendo un algoritmo que tiene en cuenta diversos factores como son la frecuencia del canal a pasar, su distancia de reutilización y otras funciones de costo. Las estrategias de asignación dinámicas aumentan las prestaciones del sistema, pero requieren por parte del MSC una gran cantidad de cómputo en tiempo real.

III.2.3 Gestión de la interfaz de radio

Dado que el número de canales de radio es mucho menor que el número total de usuarios potenciales, los canales bidireccionales sólo se asignan si se necesitan. Ésta es la principal diferencia con la telefonía estándar, donde cada terminal está continuamente unido a un conmutador haya o no haya llamada en progreso.

Banda	Móvil	Base	Concesionario
A	824-835, 845-846.5	869-880, 890-891.5	El mismo al de la red pública
B	835-845, 846.5, 849	880-890, 891.5, 894	Distinto al de la red pública

El usuario que está en espera permanece atento a las posibles llamadas que se puedan producir escuchando un canal específico. Este canal transporta mensajes llamados mensajes de búsqueda ("paging messages"); su función es la de advertir que un usuario móvil está siendo llamado. Este canal es emitido en todas las celdas, y el problema de la red es determinar en qué celdas llamar a un móvil cuando se le necesite.

El establecimiento de cualquier llamada, ya sea el móvil origen o destino de la llamada, requiere medios específicos por los cuales la estación móvil pueda acceder al sistema para obtener un canal. Los canales asignados durante un periodo de tiempo a un móvil se les llaman canales dedicados. Basados en esta distinción se pueden definir dos macro-estados: *modo desocupado* ("idle"), en el que el móvil escucha; la estación móvil no tiene ningún canal para sí misma y *modo dedicado*, en el que se asigna un canal bidireccional a la estación móvil para sus necesidades de comunicación, permitiéndole a éste intercambiar información punto a punto en ambas direcciones.

El procedimiento de acceso es una función particular que permite a la estación móvil alcanzar el modo dedicado desde el "idle".

III.2.4 Gestión de la localización

La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la fuente de mayores diferencias con la telefonía fija, en particular con las llamadas recibidas. Una red puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su dirección de red (su número de teléfono), dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea del abonado, no cambia. Sin embargo en un sistema celular la celda en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en qué celda está actualmente.

En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener este conocimiento. En el primer método, la estación móvil indica cada cambio de celda a la red. Se le llama actualización sistemática de la localización al nivel de celda. Cuando llega una llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda sólo a la celda donde está el móvil, ya que ésta es conocida. Un segundo método sería enviar un mensaje de "página" a todas las celdas de la red cuando llega una llamada, evitándose así la necesidad de que el móvil esté continuamente avisando a la red de su posición. El tercer método es un compromiso entre los dos primeros introduciendo el concepto de área de localización. Un área de localización es un grupo de celdas, cada una de ellas pertenecientes a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una celda pertenece es enviada a través de un canal de difusión ("broadcast"), permitiendo a las estaciones móviles saber el área de localización en la que están en cada momento. Cuando una estación móvil cambia de

celda se pueden dar dos casos: ambas celdas están en la misma área de localización: la estación móvil no envía información alguna a la red. Si las celdas pertenecen a diferentes áreas de localización: la estación móvil informa a la red de su cambio de área de localización.

Cuando llega una llamada solamente se necesita enviar un mensaje a aquellas celdas que pertenecen al área de localización que se actualizó la última vez.

III.2.5 Handover (función de traspaso)

En el modo dedicado, y en particular cuando una llamada está en proceso, la movilidad del usuario puede inducir a la necesidad de cambiar de celda servidora, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo de un umbral. Con un sistema basado en células grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la pérdida de una llamada podría ser aceptable. Sin embargo, si queremos lograr grandes capacidades tenemos que reducir el tamaño de la celda, con lo que el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.



Proceso de transferencia de llamada

Al proceso de la transferencia automática de una comunicación (de voz o datos) en progreso de una celda a otra para evitar los efectos adversos de los movimientos del usuario, se le llama "handover" (o "handoff"). Este proceso requiere primero algunos medios para detectar la necesidad de cambiar de celda mientras estamos en el modo dedicado (preparación del handover), y después se requieren los medios para conmutar una comunicación de un canal en una celda dada a otro canal en otra celda, de una forma que no sea apreciable por el usuario.

III.2.6 "Roaming" (función de seguimiento)

En los sistemas de telecomunicaciones accedidos a través de un enlace fijo, la elección de qué red proporciona el servicio está hecha desde el principio. Cuando se introduce la movilidad, todo cambia. Diferentes servidores pueden proporcionar servicio a un usuario dado dependiendo de dónde esté. Cuando cooperan diferentes operadores de red, pueden usar esta posibilidad para ofrecer a sus abonados un área de cobertura mucho mayor que la que cualquiera de ellos pudiera ofrecer por sí mismo. A esto es a lo que se llama "roaming".

El roaming se puede proporcionar sólo si se dan una serie de acuerdos administrativos y técnicos. Desde el punto de vista administrativo, se deben resolver entre los diferentes operadores cosas tales como las tarifas, acuerdos de abonados, etc. La libre circulación de las estaciones móviles también requiere de cuerpos reguladores que convengan el reconocimiento mutuo de los tipos de convenios. Desde el punto de vista técnico, algunas cosas son consecuencia de problemas administrativos, como las tarifas de la transferencia de llamadas o la información de los abonados entre las redes. Otras se necesitan para poder realizar el "roaming", como son la transferencia de los datos de localización entre redes, o la existencia de una interfaz de acceso común.

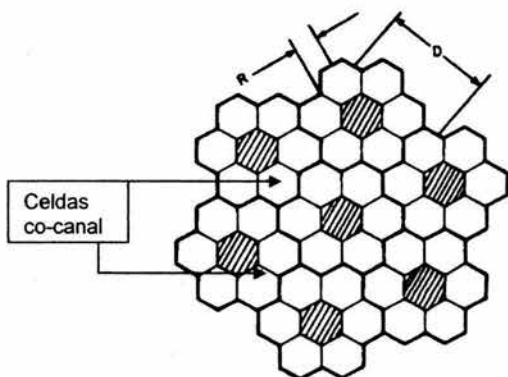
Este último punto es probablemente el más importante. Éste hace que el abonado deba tener un accesorio simple del equipo que lo habilite para acceder a las diferentes redes. Para hacer esto posible, se ha especificado una interfaz de radio común de forma que el usuario pueda acceder a todas las redes con la misma estación móvil.

III.2.7 Interferencias y Capacidad del Sistema

La interferencia es el principal factor que limita el desarrollo de los sistemas celulares. Las fuentes de interferencias incluyen a otras estaciones móviles dentro de la misma celda, o cualquier sistema no celular que de forma inadvertida introduce energía dentro de la banda de frecuencia del sistema celular. Las interferencias en los canales de voz causan el "cross-talk", consistente en que el abonado escucha interferencias de fondo debidas a una transmisión no deseada. Sobre los canales de control, las interferencias conducen a llamadas perdidas o bloqueadas debido a errores en la señalización digital. Las interferencias son más fuertes en las áreas urbanas, debido al mayor ruido de radiofrecuencia y al gran número de estaciones base y móviles. Las interferencias son las responsables de formar un cuello de botella en la capacidad y de la mayoría de las llamadas entrecortadas. Los dos tipos principales de interferencias generadas por sistemas son las interferencias co-canal y las interferencias entre canales adyacentes. Aunque las señales de interferencia se generan frecuentemente dentro del sistema celular, son difíciles de controlar en la práctica, debido a los efectos de propagación aleatoria. Pero las interferencias más difíciles de controlar son las debidas a otros usuarios de fuera de la banda (de otros sistemas celulares, por ejemplo), que llegan sin avisar debido a los productos de intermodulación intermitentes o a sobrecargas del terminal de otro abonado. En la práctica, los transmisores de portadoras de sistemas celulares de la competencia, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias de fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus estaciones base cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus abonados.

- **Interferencia co-canal y Capacidad del Sistema**

La reutilización de frecuencias implica que en un área de cobertura dada haya varias celdas que usen el mismo conjunto de frecuencias. Estas celdas son llamadas celdas co-canales y a la interferencia entre las señales de estas celdas se le llama interferencia co-canal.



Al contrario que el ruido térmico, que se puede superar incrementando la relación señal ruido ("Signal to Noise Ratio" o S/N), la interferencia co-canal no se puede combatir simplemente incrementando la potencia de portadora de un transmisor. Esto es debido a que un incremento en la potencia de portadora de transmisión de una celda, incrementa la interferencia hacia las celdas co-canales vecinas. Para reducir la interferencia co-canal las celdas co-canales deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione el suficiente aislamiento debido a las pérdidas en la propagación.

En un sistema celular, cuando el tamaño de cada celda es aproximadamente el mismo, la interferencia co-canal es aproximadamente independiente de la potencia de transmisión y se convierte en una función del radio de la celda (R) y de la distancia al centro de la celda co-canal

más próxima (D). Incrementando la relación D/R, se incrementa la separación entre celdas co-canales relativa a la distancia de cobertura. El parámetro Q, llamado factor de reutilización co-canal, está relacionado con el tamaño del cluster N. Para una geometría hexagonal sería

$$Q = \sqrt{3N} = \frac{D}{R}$$

Un valor pequeño de Q proporciona una mayor capacidad dado que el tamaño del cluster N es pequeño, mientras que un valor de Q grande mejora la calidad de la transmisión, debido a que es menor la interferencia co-canal. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos objetivos a la hora del diseño.

Tomemos i_0 como el número de celdas con interferencia co-canal. Entonces la relación Señal - Interferencia ("Signal to Interference Ratio" o S/I) de un receptor móvil puede ser expresada como:

$$S/I = \frac{S}{\sum_{i=0}^{i_0} I_i}$$

donde S es la potencia de la señal deseada desde la estación base deseada, e I_i es la potencia de la interferencia causada por la i-ésima estación base en una celda co-canal. Si se conocen los niveles de señal de las celdas co-canales, se puede calcular la S/I usando la fórmula anterior.

Existe una relación entre la S/I y el tamaño del cluster N

$$S/I = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_0}$$

donde el exponente n nos indica las pérdidas producidas por la propagación y suele tomar valores típicos entre 2 y 4 dependiendo del ambiente en el que estemos (4 para áreas urbanas). Según pruebas realizadas experimentalmente, se encuentra que se proporciona una suficiente calidad de voz con una S/I de unos 18 dB, con lo que se obtiene un valor de N igual a 6.49 asumiendo un exponente de pérdidas de 4, con lo que un valor típico para N sería de 7.

• Interferencia entre canales adyacentes

Entran en este apartado las interferencias procedentes de señales que son adyacentes en frecuencia a la señal deseada. Estas interferencias están producidas por la imperfección de los filtros en los receptores que permiten a las frecuencias cercanas colarse dentro de la banda pasante. El problema puede ser particularmente serio si un usuario de un canal adyacente está transmitiendo en un rango muy próximo al receptor de un abonado, mientras que el receptor está intentando recibir una estación base sobre el canal deseado. A esto se le suele llamar efecto "nearfar", donde un transmisor cercano (que puede ser o no del mismo tipo que el usado en el sistema celular) captura al receptor del abonado. Otra forma de producir el mismo efecto es cuando un móvil cercano a una estación base transmite sobre un canal cercano a otro que está usando un móvil débil. La estación base puede tener dificultad para discriminar al usuario móvil deseado del otro debido a la proximidad entre los canales.

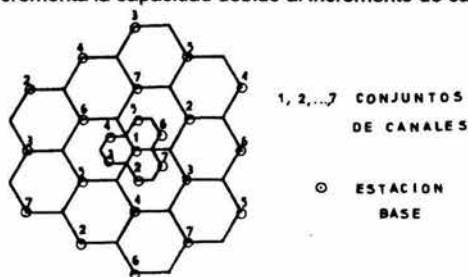
Este tipo de interferencias se pueden minimizar filtrando cuidadosamente, y con una correcta asignación de frecuencias. Dado que cada celda maneja sólo un conjunto del total de canales, los canales a asignar en cada celda no deben estar próximos en frecuencias.

• Control de Potencia para reducir las Interferencias

En los sistemas celulares de radio, los niveles de potencia transmitida por cada unidad de los abonados, están bajo un control constante por las estaciones base servidoras. Esto se hace para asegurar que cada móvil transmite la potencia más baja necesaria. El control de potencia no sólo hace que dure más la batería, sino que también reduce mucho la relación S/I de canal inverso.

III.2.8 División de celdas ("cell-splitting")

El "splitting" es el proceso de subdividir una celda congestionada en celdas menores, cada una con su propia estación base y la correspondiente reducción en la altura de la antena y de la potencia de transmisión. El "splitting" incrementa la capacidad de un sistema celular dado que incrementa el número de veces que se reutilizan los canales. Definiendo nuevas celdas que tengan un radio más pequeño que las celdas originales instalando estas pequeñas celdas entre las celdas existentes, se incrementa la capacidad debido al incremento de canales por unidad de área.



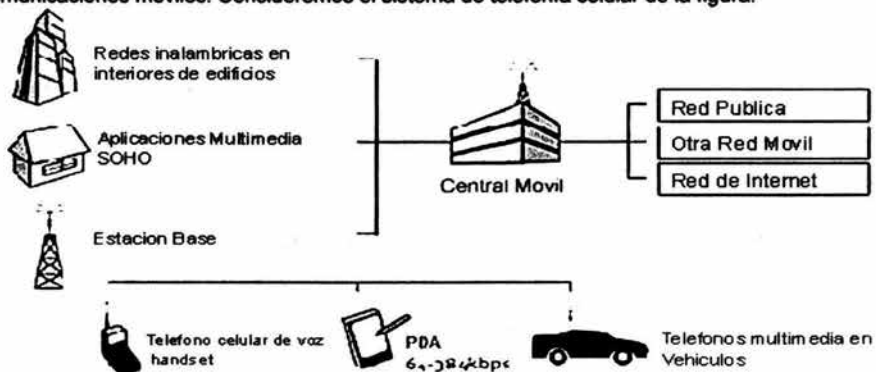
Subdivisión de celdas

Imaginemos que cada celda se reduce de tal forma que el radio de cada celda se hace la mitad. Para cubrir el área entera de servicio con las celdas más pequeñas, se necesitarían aproximadamente cuatro veces más celdas que antes. Esto se puede observar si suponemos una celda circular de radio R . El área cubierta por ese círculo es cuatro veces mayor que el área cubierta por un círculo de radio $R/2$. El incremento del número de celdas incrementará el número de clusters en la región de cobertura, que a su vez incrementará el número de canales y por lo tanto la capacidad en el área de cobertura. El "cell-splitting" permite al sistema crecer sustituyendo las celdas grandes por otras menores, sin modificar el esquema de colocación de canales para mantener un factor de reutilización co-canal mínimo entre celdas co-canales.

En la figura se muestra un ejemplo de "cell-splitting". En ella, las estaciones base se sitúan en las esquinas de las celdas, y suponemos que el área servida por la estación base "1" está saturada de tráfico. Por tanto, necesitamos nuevas estaciones base en la zona para incrementar el número de canales en el área y para reducir el nivel de interferencia.

III.2.9 Arquitectura de red celular

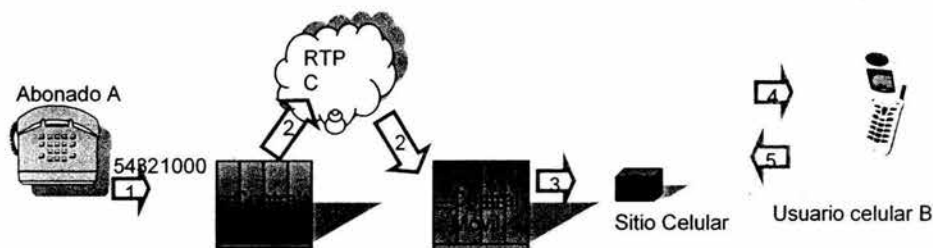
La demanda por parte de los usuarios de comunicaciones móviles que les permitan a éstos moverse a través de edificios, ciudades o países, ha llevado al desarrollo de nuevas redes de comunicaciones móviles. Consideremos el sistema de telefonía celular de la figura:



El sistema de telefonía celular es el responsable de proporcionar cobertura a través de un territorio particular, llamado región de cobertura o mercado. La interconexión de muchos de estos sistemas define una red inalámbrica capaz de proporcionar servicios a los usuarios móviles a través de un país o continente.

Para proporcionar comunicaciones inalámbricas dentro de una región particular geográfica (por ejemplo una ciudad), se debe emplear una red integrada de estaciones base para proporcionar la suficiente cobertura de radio a todos los usuarios móviles. Las estaciones base, a su vez, deben estar conectadas a un eje central llamado Centro de Conmutación Móvil (MSC). El MSC proporciona conectividad entre la Red Telefónica Pública Conmutada RTPC (PSTN Public Switching Telephonic Network) y las numerosas estaciones base y por último, entre todos los abonados móviles de un sistema. La RTPC forma la red de telecomunicaciones global que interconecta los centros de conmutación de telefonía convencional (terrestres), llamados oficinas centrales, con los MSC's de todo el mundo.

Para conectar a los abonados con las estaciones base, se establecen enlaces de radio usando un protocolo de comunicaciones cuidadosamente definido, llamado la interfaz de radio. La interfaz de radio (IR) debe asegurar una gran fiabilidad en el canal para asegurar que los datos se envíen y se reciben correctamente entre el móvil y la estación base, y es por ello por lo que se realizan una codificación de la voz (de la fuente) y una codificación del canal.



En la estación base, los datos de señalización y sincronización se descartan, y el resto de información de voz (o datos), se pasan a través del MSC hasta las redes fijas. Mientras que cada estación base puede gestionar del orden de unas 50 llamadas simultáneas, una MSC típica es responsable de conectar hasta 100 estaciones base a la RTPC (hasta 5000 llamadas a la vez), y es por eso que la interfaz entre el MSC y la RTPC requiere una gran capacidad en cualquier instante de tiempo. Está claro que las estrategias de red y los estándares pueden variar mucho dependiendo de si se está sirviendo a un circuito simple de voz, o a una población metropolitana completa.

• Características del Canal de Radio

Las buenas noticias son que el canal de radio móvil de 900 MHz es lineal. Cualquier otra propiedad del canal a esas frecuencias es mala. Podemos ocupar el canal de radio mediante modulación de la amplitud, frecuencia o fase de la portadora. Cualquiera de estos tres parámetros de la portadora se puede alterar, y estas alteraciones pueden llevar información que nosotros medimos en bits o símbolos por segundo. El espectro de radio es un recurso fijo y valioso con un valor incalculable. Los diseñadores de sistemas deben basar su estudio en mandar la información en el segmento más estrecho que se pueda del espectro asignado por cualquier cuerpo regulador. Hay dos fuentes de problemas dentro del canal: el ruido y las interferencias de las cuales ya hemos hablado.

• Condiciones Estáticas

Primero, vamos a considerar el caso en que ni el móvil se está moviendo, ni hay nada más moviéndose cerca. El canal es, en este caso inusual, un canal con ruido blanco gaussiano y aditivo (AGWN). Todos los datos además, están sujetos al efecto multipath, zonas con sombras, y retardos que pueden ser de incluso varios microsegundos. La equalización del canal mediante filtros adaptativos se usa para eliminar la interferencia intersimbólica a velocidades altas. Finalmente, el receptor local genera su propio ruido.

- **Condiciones Dinámicas**

Si suponemos que el móvil se mueve (como es evidente), añadimos los efectos de la propagación terrestre, que está dominada por la influencia más destructiva de todas: los desvanecimientos Rayleigh. Dado que las ondas de radio pueden seguir una variedad de caminos hasta el receptor móvil, pueden ocurrir cambios de fase, que son dependientes de la frecuencia. Estos tipos de desvanecimientos ocurren con una distribución estadística llamada distribución Rayleigh.

La distribución tipo Rayleigh tiene una función de densidad de probabilidad dada por: donde r es el valor rms del voltaje recibido antes de la detección de envolvente, y r^2 es la potencia media de la señal recibida antes de la detección de envolvente. La probabilidad de que la envolvente de la señal recibida no exceda un valor especificado R está dada por la correspondiente

$$f_r(r) = \int_0^{2\pi} f_{r,\theta}(r, \theta) d\theta = \frac{r e^{-r^2/\sigma^2}}{\sigma^2}$$

función de distribución acumulativa

El valor máximo de esta distribución se presenta en $r=\sigma$ y es equivalente a $e^{-1/2}/\sigma$. A medida que σ (la desviación estándar de las variables gaussianas x y y) aumenta, la distribución se aplana, el valor máximo disminuye y se mueve hacia la derecha.

- **Entrelazado ("Interleaving")**

En la vida real no se suele producir un error en un bit puntual sino que es mucho más probable que afecten a un conjunto consecutivo de ellos. La codificación del canal que se verá es efectiva en la detección y corrección de pocos errores, pero no cuando la cantidad de información perdida consecutiva es grande. Para ello necesitamos un modo de dispersar los bits consecutivos que forman un mensaje. Ésta es la misión del entrelazado.

- **Codificación de la fuente**

La telefonía es el principal generador de beneficios para las compañías de móviles, y justifica los enormes esfuerzos e investigaciones que se necesitan para instalar estas redes. El requerimiento técnico general es simple: transmitir señales de voz con un nivel aceptable de calidad. En los sistemas analógicos de radio, la señal continua de baja frecuencia, también llamada como señal en banda base, modula la portadora de radio frecuencia. En el receptor, se realiza la demodulación de la señal de forma que se obtiene de nuevo la señal en banda base, más el ruido introducido por el canal.

Debido a la reducida capacidad del canal de radio disponible, es deseable minimizar el número de bits que necesitamos transmitir. El dispositivo que transforma la voz humana en una cadena digital de datos que se puedan transmitir a través de la interfaz de radio y genera una representación analógica audible de los datos recibidos es el codec (codificador - decodificador) de voz. El codec de voz forma parte de cada estación móvil diseñado para la transmisión de voz.

- **Codificación del Canal**

La codificación del canal se basa en añadir redundancia a los datos generados por la codificación de la fuente de forma que se detecten e incluso se corrijan algunos errores introducidos por el canal que suponemos que contiene un ruido blanco gaussiano aditivo.

El proceso de codificación del canal normalmente se compone de dos codificaciones sucesivas. Primero se aplica un código bloque y luego se aplica un código convolucional. Para explicar a grandes rasgos en qué consiste un código bloque, vamos a suponer que tenemos k bits de entrada en el codificador a R bps. A la salida de éste, vamos a tener n bits con $n > k$ a una velocidad de R/R_c bps, en donde el factor R_c es un valor adimensional llamado redundancia y que es k/n (siempre va a ser menor que la unidad). Un código convolucional implica el concepto de memoria, ya que se forma a partir de un registro de desplazamiento (máquina de estados finitos).

III.3 GSM

III.3.1 Introducción.

Las redes de telecomunicación tradicionales están diseñadas para transportar una información (señales) de naturaleza analógica como la voz, previa conversión a señal eléctrica de la misma, pero no para enviar información digital en estado nativo. Es necesario por tanto adaptar o convertir las señales digitales en analógicas (modulación) antes de su transmisión por las líneas. En el otro extremo del enlace se realiza el proceso inverso (demodulación) y se presenta la información de nuevo en estado digital al terminal informático remoto

Los equipos encargados de realizar estas operaciones de conversión son los conocidos modems, que se han ido perfeccionando para conseguir cada vez mayor velocidad y fiabilidad en este tipo de comunicaciones

Con el tiempo, y debido al aumento de la demanda de servicios de transmisión de datos cada vez más eficientes, los operadores de los distintos países comenzaron a instalar redes especialmente diseñadas para soportar este tipo de tráfico: Redes digitales por conmutación de paquetes, Redes digitales por conmutación de circuitos, Redes digitales de servicios integrados (Voz + datos)

Con la aparición de la telefonía celular, ha ocurrido algo similar. Apareció en primer lugar la red celular analógica, destinada a ofrecer movilidad al servicio telefónico convencional. De nuevo, a aquellos usuario informáticos acostumbrados a realizar operaciones de transmisión de datos a baja velocidad se les abrió la posibilidad de poder realizar estas operaciones, que habitualmente realizaban a través de la red fija, a través de esta nueva infraestructura

Aparecieron así algunos equipos, muy similares a los convencionales modems que permitían la conexión del terminal informático al teléfono móvil analógico. Los resultados obtenidos no fueron lo espectaculares que se esperaban, debido fundamentalmente a la naturaleza analógica de estas redes

Además, las perturbaciones propias en cualquier transmisión radio, como desvanecimientos, interferencias, etc., así como el efecto handover (cambio de una célula de cobertura a otra adyacente, que implica una desconexión temporal de la estación base) inflúan muy negativamente en la calidad de la transmisión, pudiendo, en determinadas condiciones adversas, hacerla inviable

Con la aparición del GSM el panorama cambia completamente: se trata de una red digital, por lo que ahora, para enviar una señal analógica como la voz, es necesario someterla previamente a un proceso de conversión analógico - digital (muestreo de la señal, cuantificación y finalmente codificación) hasta convertirla en una secuencia de bits. En el caso de señales digitales no es necesario realizar este proceso previamente a su envío, aunque será necesario utilizar un adaptador de señal (Adaptador para el servicio de datos)

Otro importante aspecto de esta red, es que permite identificar y distinguir, no sólo entre tráfico telefónico y de datos, sino que además diferencia entre llamadas de datos de distinta naturaleza (fax, datos, etc.), y en consecuencia darle el tratamiento adecuado a cada una de ellas

Para poder utilizar estos servicios a través de la red GSM, ésta incorpora una infraestructura especial, de la cual el elemento más significativo es el GIWU (GSM InterWorking Unit). Cada GIWU está asociado a su correspondiente MSC (Mobile Switching Center), que es la encargada de establecer las comunicaciones dentro de la red GSM así como de enlazar con otras redes (R.T.C., RDSI, etc.)

La red GSM, incorpora además robustos protocolos de corrección de errores sobre el segmento radio de la comunicación, que permiten la retransmisión de aquellos bloques de datos

incorrectamente recibidos. Este mecanismo reduce los problemas anteriormente citados derivados de los desvanecimientos de la señal y de las interferencias

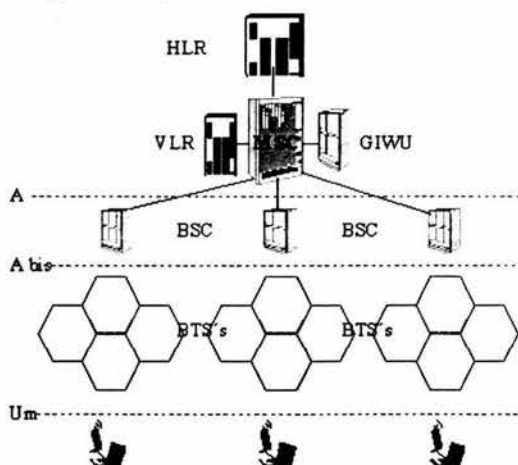
El handover tampoco supone un problema para la mayoría de los servicios de datos sobre GSM porque la información puede ser almacenada por la red durante la duración del mismo

Otro aspecto importante del estándar GSM son los mecanismos de seguridad incorporados que incluyen, por un lado la autenticación del terminal llamante así como la encriptación de la señalización e información transmitida (independientemente de que éste sea voz o datos) a través de la interfaz radio

III.3.2 Arquitectura de la red

La infraestructura básica de un sistema GSM no difiere en mucho de la estructura de cualquier red celular. El sistema consiste en una red de radio-células contiguas para cubrir una determinada área de servicio. Cada célula tiene una BTS (Base Transceiver Station o estación base Tx/Rx) que opera con un conjunto de canales diferente de los utilizados por las células adyacentes.

Un determinado conjunto de BTSs es controlado por una BSC (Base Station Controller o Controlador de Estación Base). Un grupo de BSCs es a su vez controlado por una MSC (Mobile Switching Centre o Central de Conmutación Móvil) que enruta llamadas hacia y desde redes externas (RTPC, RDSI, etc.) públicas o privadas.



- **ESTACIÓN BASE TX/RX.**

La función principal de una BTS es proporcionar un número de canales radio a la zona a la que da servicio. La antena puede ser omnidireccional o sectorial (se divide la célula en tres sectores, con diferentes juegos de frecuencias). Una BTS con un transceptor y con codificación "full rate" proporciona 8 canales en el enlace radio, uno de los cuales se utiliza para señalización. Con una codificación "half rate" el número de canales disponibles se duplica ($16=15+1$).

- **CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE.**

La función primaria de una BSC es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace radio al estándar de 64 Kbit/s. utilizado por la red. Desde el momento en que

el usuario es móvil, éste puede estar cambiando con más o menos frecuencia de celda; el procedimiento por el que la llamada se mantiene en estas condiciones sin que se produzcan interrupciones importantes se conoce con el nombre de "handover". GSM proporciona unos tiempos de conmutación mucho más bajos que otros sistemas celulares.

En GSM, durante una llamada, la estación móvil está continuamente "escuchando" a una serie de estaciones base así como informando a la BSC de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite a la BSC tomar la decisión de cuando iniciar un handover y a qué célula. La BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería.

- **CENTRAL DE CONMUTACIÓN MÓVIL.**

La MSC es el corazón del sistema GSM. Es el centro de control de llamadas, responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, control de los servicios suplementarios y del handover entre MSCs, así como la recolección de información necesaria para tarificación. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos. Para soportar los servicios telemáticos, la MSC incorpora un elemento conocido como GIWU.

- **REGISTRO DE USUARIOS LOCALES.**

El HLR contiene información de estado (nivel de suscripción, servicios suplementarios, etc.) de cada usuario asignado al mismo, así como información sobre la posible área visitada, a efectos de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil). En un esquema de numeración múltiple (Multinumbering) pueden existir números adicionales (AMSISDN) dependientes de un principal (MSISDN) asociados a diferentes servicios de datos y fax, caracterizados por una serie de atributos que también quedan recogidos en esta base de datos.

- **REGISTRO DE USUARIOS VISITANTES**

El VLR contiene información de estado de todos los usuarios que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia; información que ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR del que depende el usuario. Contiene información sobre si el usuario está o no activo, a efectos de evitar retardos y consumo de recursos innecesarios cuando la estación móvil esta apagada.

- **PRINCIPIOS OPERATIVOS.**

GSM trabaja en la banda de 900 MHz con una combinación de FDMA (Frequency División Multiple Access) y TDMA (Time Division Multiple Access) para conseguir los requeridos 124 pares de portadoras radio de 200 KHz, cada una de los cuales puede manejar 8 canales por medio de TDMA con 8 "time slots" (0,557 ms.). Es decir, aunque una portadora da servicio a 8 canales, en un instante dado sólo uno de esos canales está utilizando el ancho de banda disponible. Cada uno de esos canales podría subdividirse a su vez en dos canales (codificación half-rate).

La banda de frecuencia utilizada es 890-915 MHz para el enlace ascendente (Móvil-BTS) y 935-960 MHz para el descendente (BTS-Móvil). Para prevenir interferencias, las BTSs adyacentes usan diferentes frecuencias.

La modulación utilizada es GMSK (Gaussian Minimum Shift Key) a una velocidad de 270 Kbit/s. El codificador de canal tiene dos modos de operación dependiendo de que la información a transmitir sea telefonía (voz) o datos.

La voz es muestreada, cuantificada y codificada a una velocidad básica de 13 Kbit/s. que pasa a 22.8 Kbit/s., cuando se añade la corrección de errores hacia adelante (FEC). La información

adicional de sincronización y los periodos de guarda entre time-slots aumenta la velocidad de bit a 33.9 Kbit/s.

Para poder soportar la transmisión de datos en una red GSM, es necesario implementar una serie de funcionalidades:

- Funciones de adaptación de velocidad.
- Funciones de corrección de errores RLP (Radio Link Protocol).
- Funciones de conversión de protocolo L2R (Layer 2 relay).

La adaptación de velocidad se realiza a dos niveles; en un primer nivel se adapta la velocidad de usuario a la velocidad del canal radio, y una segunda adaptación sobre 64Kbit/s. Las funciones de adaptación de velocidad se basan en las recomendaciones V.110 y X.30 del CCITT.

La función RLP introduce control de flujo y corrección de errores en las comunicaciones no transparentes, para conseguir una alta calidad de servicio.

La función L2R establece una conversión entre la estructura de datos de usuario y una estructura adaptada al protocolo RLP.

III.3.3 Servicios de Telecomunicación en GSM.

Los servicios en una red GSM se dividen en dos grupos principales:

- Servicios Básicos.
- Servicios Suplementarios.

Un servicio básico es por ejemplo "telefonía" o "fax". Un servicio suplementario es un servicio añadido que complementa a un servicio básico de telecomunicación:

- Desvío de llamada.
- Restricción de llamadas.
- Llamada en espera.

Los servicios básicos de telecomunicación se dividen a su vez en dos categorías:

- Servicios portadores.
- Teleservicios.

Los servicios portadores proporcionan la capacidad de transferencia entre terminales conectados a la red GSM local (HPLMN), así como con equipos conectados a otras redes: RTPC, RDSI, etc. Abarcan funciones relativas a los tres primeros niveles del sistema OSI, es decir, atributos de bajo nivel (Low Layer Capability). Los servicios básicos soportados por la red GSM son los siguientes:

- Datos *asíncronos*, por conmutación de circuitos, a 300, 1200, 1200/75, 2400, 4800 y 9600 bit/s.
- Datos *síncronos*, por conmutación de circuitos, a 300, 1200, 1200/75, 2400, 4800 y 9600 bit/s.
- Acceso *asíncrono* a PAD a 300, 1200, 1200/75, 2400, 4800 y 9600 bit/s.
- Acceso *síncrono* (paquetes) a redes de conmutación de paquetes a 2400, 4800 y 9600 bit/s.
- Telefonía *alternada con datos*.

Los servicios de datos se caracterizan por atributos transparentes o no transparentes.

Los Teleservicios son aquellos servicios de Telecomunicación que proporcionan plena capacidad de comunicación entre usuarios o terminales, de acuerdo a protocolos preestablecidos. Así pues, los teleservicios están caracterizados por atributos asociados a los niveles 1-3 de red (Low Layer Capability) y a los niveles superiores (High Layer Capability).

Los teleservicios soportados por la red GSM son los siguientes:

- Telefonía (*speech*).
- Llamadas de emergencia.
- Servicio de Mensajes Cortos.
- Servicios de fax:
- Fax automático grupo 3.
- Servicio alternado de telefonía y fax (gr. 3).

Procedimientos de establecimiento de llamada.- Revisión de suscripción para servicios básicos.

Cuando una estación móvil (MS) desea establecer una llamada y no existe aún conexión radio, ésta solicita un canal de señalización (compartido). Una vez suministrado dicho canal, la MS lo utiliza para enviar a la red una información que define el tipo de llamada que se pretende cursar y darle el enrutamiento adecuado. Esta información puede ser proporcionada por defecto por la estación móvil, extraída de la tarjeta SIM o introducida por el usuario directamente sobre la MS o desde un DTE a través de una interfaz DTE/DCE (ordenador/PCMCIA).

Esta información contiene la dirección llamada y llamante, el tipo de numeración utilizado (privado, internacional, RDSI, etc.) y la capacidad portadora, pudiendo también enviarse otros elementos de información asociados a las capacidades de capa baja y alta (LLC-IE y HLC-IE).

A partir de la información contenida en la capacidad portadora (BC-IE) la red establece un doble proceso de revisión; en primer lugar se comprueba si es posible deducir de un determinado servicio básico o teleservicio a partir de los parámetros contenidos en la BC, y en caso afirmativo comprobar si ese usuario está autorizado para utilizar el servicio básico. Para el caso de llamadas originadas en la MS, la revisión de suscripción se realiza en el VLR. La MSC realiza una traducción (mapeo) de la capacidad portadora que se compara con la información de suscripción contenida en el VLR, de lo que dependerá el que la llamada prograse o no.

Por ejemplo, un operador proporciona a sus clientes la capacidad de transmitir datos exclusivamente a la velocidad de 9.600 bit/s (BS 26); un usuario cualquiera intenta originar una llamada de datos a la velocidad de 2.400 bit/s. (a través de una aplicación de comunicaciones configurada a dicha velocidad). La MSC realiza la traducción de la capacidad portadora deduciéndose que el servicio básico solicitado es el BS 24 (datos asíncronos a 2.400 bit/s.); a continuación se comprueba si ese usuario dispone de la correspondiente suscripción a ese servicio, y al no ser así dicha llamada es rechazada por "servicio no disponible".

Para el caso de llamadas terminadas en el móvil, la situación es completamente distinta, debiéndose distinguir dos casos de estudio:

1. Se recibe algún tipo de información sobre el servicio solicitado: Llamada proveniente de una red GSM o bien de la RDSI.
2. No se recibe información sobre el servicio solicitado: Llamada proveniente de la RTPC. Cuando la llamada se origina en la red GSM, la capacidad portadora enviada por el móvil llamante viaja hasta el llamado.

Establecimiento y negociación de la Capacidad Portadora

El HLR recibe la procedimiento *MAP Send Routing Information (SRI)* por parte de la MSC relativa a una llamada proveniente de la misma red o de otra red GSM, con el objetivo de obtener el MSRN y así poder enrutar la llamada hacia el VLR/MSC donde esté localizado el móvil. Cuando el HLR envía la procedimiento *MAP Provide Roaming Number* hacia dicho VLR también envía la BC recibida en su parámetro *GSM bearer Capability Information Element (BCIE)*, que se enviará en el mensaje de Set Up hacia el móvil llamado, y que siempre que se supere la revisión de suscripción, viajará como información de señalización (tramas LAPD) por el interface A y Abis y por el canal de radio (LAPDm).

El móvil, al recibir dicho mensaje, analiza el contenido y deduce su posible compatibilidad con el servicio requerido, con o sin modificación y así aceptar o rechazar la llamada.

La negociación tiene lugar por parte de la estación móvil que enviará en el mensaje *Call Confirmed* la Capacidad de Portadora completa con los parámetros más relevantes con o sin modificación. En caso de que en dicho mensaje no exista ese elemento de información es entonces cuando la MSC

entiende que los parámetros originales enviados son correctos y progresa la llamada. Los valores recibidos desde el móvil sobrescriben la BC original. Esta nueva BC es la utilizada en el análisis posterior de la llamada.

En el caso de que la llamada provenga de la RDSI, el procedimiento sería análogo al anterior, sólo que en este caso, al provenir la llamada de un sistema diferente se producirá una traducción previa del elemento de información de la Capacidad portadora. La capacidad portadora proveniente de la RDSI (ISDN-BC) se trata de convertir a un equivalente en el sistema GSM (GSM-BC), con su servicio básico o teleservicio asociado.

Cuando la llamada proviene de la RTPC analógica, al no recibirse información alguna del tipo de llamada que se desea cursar, la red GSM deberá obtener dicha información bien del HLR o bien del terminal llamado, dependiendo del esquema de numeración utilizado por la red GSM en cuestión.

Por tanto, será el móvil en el mensaje de *Call Confirm* que retornará el valor completo de la BC requeridos por el móvil y que será analizado por la MSC. La BC es, pues, derivada desde la información almacenada en la estación móvil, de acuerdo a su configuración. Si la BC puede ser soportada la llamada progresará o, en caso contrario, será rechazada.

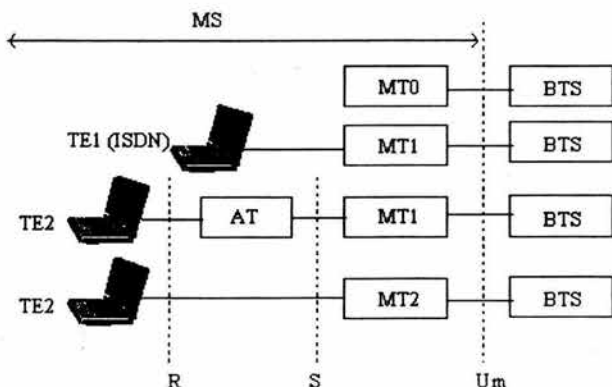
III.3.4 Estación móvil

El término estación móvil define al equipo necesario para acceder a los servicios de telecomunicación de un sistema GSM. Incluye una terminación móvil (MT), uno o varios equipos terminales (TE), más una serie de funciones de adaptación de terminal (TAF). Hacia el interfaz Um tenemos la terminación móvil (MT) de la estación móvil (MS). Hacia el equipo conectado (TE), MT incorpora funciones de adaptación (TAF) dada su posible y diferente naturaleza. La MT puede ser de diferentes tipos:

MT0, en la que la estación móvil tiene los servicios de datos y fax integrados, o bien una estación sin funcionalidad de datos

MT1, en la que la MS incorpora funciones de adaptación de terminal para equipos RDSI o mediante Adaptador de Terminal hacia equipos terminales (TE) de datos con normas de la serie V.xx ó X.xx

MT2, que incorpora TAF para equipos con normas de la serie V.xx ó X.xx



En el caso más genérico, el usuario dispone de un ordenador portátil personal con ranura para PCMCIA, la propia tarjeta PCMCIA y el teléfono móvil. La interfaz entre el teléfono y la tarjeta

PCMCIA utiliza un protocolo propietario, es decir, diferente para cada fabricante. El conjunto tarjeta PCMCIA y teléfono se puede considerar como la unidad correspondiente a una terminación móvil de tipo 2 (MT2).

Las funciones principales de la MT son:

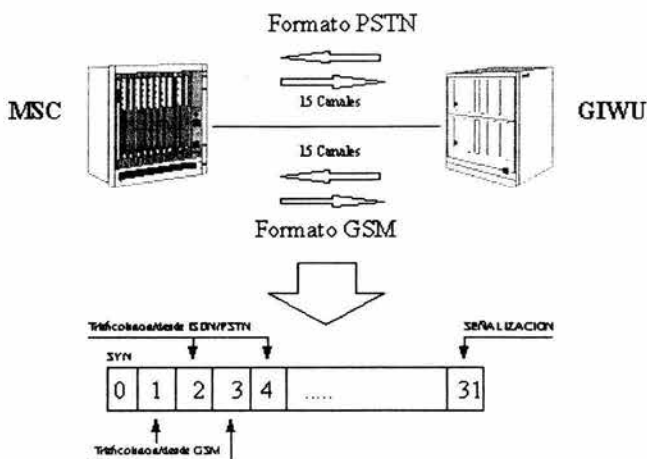
- Gestión del canal radio.
- Asegurar la compatibilidad del servicio entre red y terminal.
- Gestión de la interfaz hombre-máquina.
- Codec para voz.
- Protección de errores para la información enviada a través del canal radio.
- Análisis y Control de flujo de la información de señalización.
- Adaptación entre la velocidad del canal radio y la de usuario.
- Control de flujo en comunicaciones NT.

III.3.5 El GIWU: Arquitectura de la red de datos

La función principal del GIWU (GSM Interworking Unit) es el soporte de datos y de fax en GSM y, por tanto, realizar las siguientes funciones de interworking:

- Proveer modems hacia el usuario móvil/fijo RTPC.
- Proveer la conversión de protocolo.
- Proveer las diferentes adaptaciones de velocidad.

La unidad básica del GIWU es conocida como Unidad de GIWU. Cada unidad queda conectada a la MSC mediante un MIC de 2 Mbit/s. (30 +2 canales). Cada unidad puede manejar 15 llamadas simultáneas de datos entre red fija y móvil. El canal 31 se utiliza para señalización (SS7), el canal 0 se utilizará para el sincronismo y el resto para el tráfico de datos, distribuido según la figura:



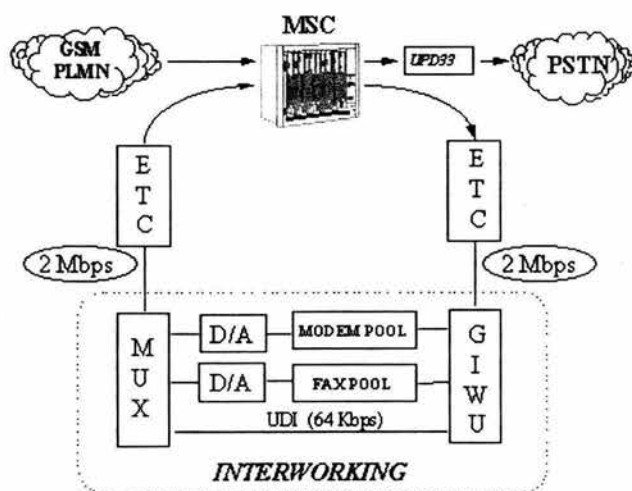
Distribución de canales en el MIC

Las entidades funcionales del GIWU son básicamente tres:

1. **Pool de Modems/Fax:** constituido por los modems que forman la interfaz hacia la RTPC. Dicho pool es seleccionado cuando se espera enlazar con un equipo conectado a la RTPC analógica, la naturaleza de los datos es indicada en la BC como información de Audio 3.1 KHz.

2. **La entidad de base (GIWU),** que constituye la interfaz física y de señalización hacia la red GSM y donde reside la lógica del interworking hacia la RTPC o hacia la N-ISDN que incorpora la adaptación de formato V.110

3. **El Multiplexor (MUX)** cuya función es proveer la funcionalidad de multiplexación de las salidas analógicas del pool de modems/fax, una vez digitalizadas, así como las salidas digitales hacia N-ISDN de la entidad de base.



Estructura de conexión del GIWU

De acuerdo con la figura anterior existen tres rutas distintas en el GIWU:

Ruta I: conexiones de fax hacia la RTPC./RDSI.

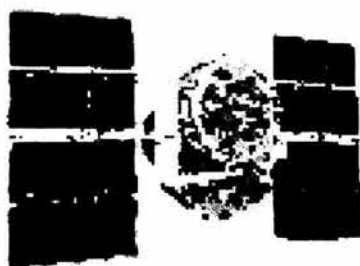
Ruta II: conexiones de datos hacia la RDSI.

Ruta III: conexiones de datos hacia la RTPC.

Las rutas I y III implican la utilización de un modem del GIWU. La ruta II proporciona una conexión digital extremo a extremo (U.D.I.) con la RDSI.

Capítulo 4

EL SISTEMA DE RADIOLOCALIZACIÓN



IV. EL SISTEMA DE RADIOLOCALIZACIÓN

Dentro de los servicios de radiocomunicación encontramos el de radiolocalización, que a diferencia del sistema de telefonía, surge como un sistema unidireccional, para enviar mensajes al usuario, sin recibir una respuesta por el mismo sistema.

IV.1 HISTORIA

IV.1.1 Sistemas de radiolocalización y mensajería

El comienzo de la industria del radiolocalizador puede ser identificado como el primer sistema de radio móvil. Se empleó por el Departamento de Policía de Detroit, EUA en 1921. En 1930 se vio el uso extendido del sistema de radiolocalización por las agencias gubernamentales, el departamento de policía y la fuerza armada en EUA, usando potentes transmisores de mensajes de voz por radiodifusión de una estación base a unidades móviles.

Otros autores sitúan el primer sistema de radiobúsqueda, en 1957, en los que se usaban frecuencias en el intervalo de 30 a 50 kHz, principalmente usado para llamadas a médicos y enfermeras. Cada receptor era sintonizado a su propia frecuencia portadora. Con el incremento del número de usuarios, se introdujo la modulación en frecuencia de una portadora de 40 kHz. El área de cobertura de estos sistemas permitía tan solo una operación local. Durante las décadas de los sesenta y setenta su uso se expandió con rapidez, localizándose en las bandas de 27 a 42 MHz y 470 MHz. La separación entre canales cambió de 25 a 10 kHz en la banda VHF con modulación en amplitud y se mantuvieron en 25 MHz en la banda VHF con modulación de frecuencia. En 1973 aparece el primer servicio de radiomensajería nacional en el Reino Unido.

• RECEPTORES

Los primeros localizadores, únicamente sonaban, con lo cual se debía de telefonar a todas las personas que conocieran su número (modalidad aviso). Después surgen los receptores que tenían varias direcciones con lo cual, los usuarios, podían agrupar sus distintos llamantes en distintas direcciones y reducir el número de posibles llamantes (4 grupos).

Posteriormente emiten un tono y hablan repitiendo el mensaje al usuario, con la desventaja que el mensaje se limita a un número de segundos y bajo condiciones de ruido es difícil oír el mensaje.

En los años 80's se introdujeron radiolocalizadores con pantalla, en la cual se despliegan números y posteriormente caracteres alfanuméricos, además se estandarizaron los códigos paging.

• MANEJO DE LA INFORMACIÓN

El hardware y software usado en los sistemas de radio paging tiene también una evolución de un simple asistente-operador a terminales que son totalmente computarizadas evolucionando de la siguiente manera:

Operador No Selectivo

Los primeros sistemas de paging fueron no selectivos y asistidos por operadores. Los operadores de una central de control recibían el mensaje de entrada de voz el cual era escrito como ellos lo recibían. Después de cierto intervalo de tiempo, estos mensajes eran emitidos y recibidos por todos los radiolocalizadores suscritos. Esto con la intención de que los suscriptores estuvieran sincronizados y escucharan todos los mensajes emitidos y ver si dentro de los mensajes había alguno para ellos. No solo fue despilfarro de tiempo aire, el sistema fue inconveniente, muy laborioso y no ofrecía privacidad.

Selectivo Asistido Por Operador

La falta de privacidad asociada con el radiolocalizador no selectivo fue vencida con el uso de direcciones codificadas a la central de control y asociando códigos en los radiolocalizadores. A cada radiolocalizador le fue dada una dirección código y el mensaje se destinaba a un

radiolocalizador particular, el mensaje era introducido precedido por esta dirección. En su camino, solo el paging direccionado era alertado por un interruptor. Con el radiolocalizador selectivo, solo un tono alertaba al radiolocalizador de un mensaje por medio de un beep.

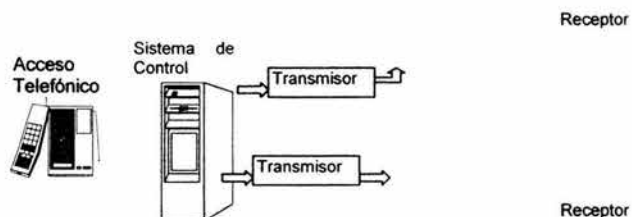
Automático

Con el paging automático, un número es asignado a cada radiolocalizador y las terminales paging pueden automáticamente recibir entrada de voz.

IV.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA PAGING

Según NOM-083-SCT1-1993, la estructura de un servicio de radiolocalización consta de:

- Uno o varios centros receptores de mensajes que pueden estar constituidos por los conmutadores telefónicos con varias líneas troncales para recibir llamadas y proporcionar informes. La recepción de los mensajes puede ser oral o por escrito.
 - Uno o varios centros de transmisión de mensajes que pueden estar constituidos por un conjunto de dispositivos manuales o automáticos para generar llamadas selectivas a los receptores de los suscriptores y una o varias estaciones constituidas por dos o más equipos transmisores, líneas de transmisión y antenas.
 - Un conjunto de receptores para uso de los suscriptores dentro del área de servicio de la red, pero que no forman parte de la red.
 - Enlaces que permiten que los centros anotados en los incisos a) y b) puedan intercomunicarse.
- La figura muestra, a grandes rasgos la estructura de un sistema de radiolocalización.



Consideremos que el sistema está constituido de tres partes:

- Unidad de Control
- Transmisor y Antenas
- Receptores

Las llamadas acceden a la unidad de control, que codifica los mensajes y avisos de acuerdo con un protocolo determinado y los envía a los transmisores para su difusión. Cada receptor cuenta como mínimo con una dirección (un valor digital específico) gracias a la cual el receptor reconoce que el mensaje transmitido es para él. La llamada puede realizarse desde cualquier teléfono. La dirección del receptor puede ser única para cada uno o común a varios, de forma que una sola llamada puede alertar a varios usuarios a la vez. Todos los receptores dentro del área de cobertura de un transmisor reciben el mensaje y es el propio receptor el que identifica, al principio del mensaje, la dirección o código del receptor, activando entonces la recepción del mensaje o aviso, o desechándolo si no coincide con el suyo.

Unidad de control

La unidad de control constituye la interfaz inteligente entre las redes de acceso y el sistema. Su misión fundamental es la recepción, codificación y distribución de los mensajes recibidos hacia los transmisores, así como el control y supervisión de la red radioeléctrica.

A grandes rasgos, una unidad de control consta de:

Un archivo que contiene las direcciones de los receptores y sus relaciones con los servicios y zonas de cobertura de cada uno de ellos.
Control de encendido y apagado de los transmisores.
Archivo de memorización de mensajes.
Interconexión con la red pública conmutada y con otras redes.
Módulo de estadísticas de mensajes.
Control y supervisión de la red de transmisión.
Programa de detección y diagnóstico de errores.
Programa de codificación.

La marcación por tonos multifrecuencia DTMF, permite el acceso directo y automático a la red pública para envío de avisos y mensajes numéricos a los sistemas de paging.

Transmisores y antenas

Los transmisores reciben la señal de la unidad de control y modulan convenientemente a una portadora de radiofrecuencia.

Las estaciones deben transmitir a potencias menores a 1500 Watts.

Pueden ser antenas omnidireccionales y/o direccionales

La mínima separación en km entre estaciones ocupando en mismo canal es

Banda de frecuencia	Separación
35-44 [MHz]	185 [km]
148-174 [MHz]	160 [km]
930-932 [MHz]	110 [km]

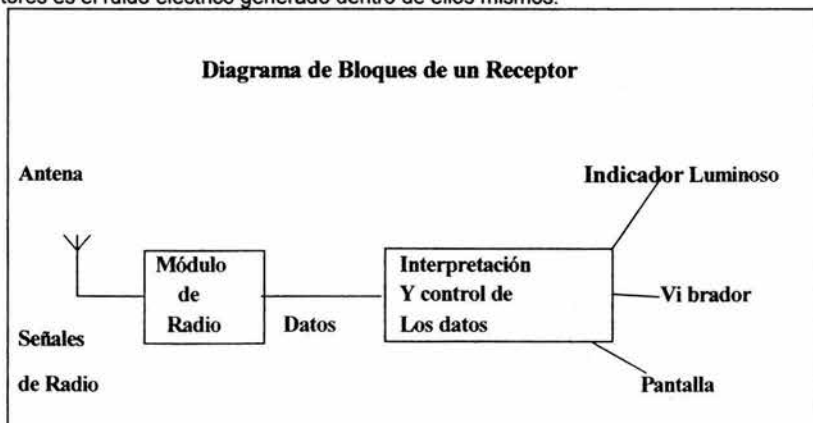
Debido a la contigüidad de las estaciones transmisoras se usan tres métodos principales para evitar las interferencias:

- Separación entre la frecuencia de transmisión de transmisores adyacentes.
- Transmisión secuencial: los transmisores emiten la señal de forma alternada.
- Transmisión "cuasisíncrona", en la cual la emisión de señales de transmisores próximos está controlada de forma que haya un pequeño retardo entre ellas.

Esta protección está incluida dentro de los protocolos de la familia FLEX.

Receptores

Existe una amplia gama de fabricantes y modelos de receptores o radiolocalizadores, aptos para distintos protocolos y para las diferentes modalidades. Una de las mayores limitaciones de los receptores es el ruido eléctrico generado dentro de ellos mismos.



La figura muestra un diagrama de bloques del funcionamiento de un radiolocalizador. Los fabricantes intentan sobre todo conseguir dos cosas: una gran sensibilidad y muy bajo consumo de

energía. Para la dirección se utiliza una memoria programable y para la interpretación y control un microprocesador.

Las funciones principales de un receptor son:

Recibir la señal radioeléctrica a través de la antena, amplificarla y demodularla.

Sincronizar las tramas recibidas.

Interpretar los datos.

Separar los datos dirigidos a cada dirección.

Activar el generador acústico, luminoso o el vibrador.

Memorizar los mensajes.

Mostrar los mensajes en la pantalla.

Controlar el estado de carga de la batería y emitir la alarma correspondiente.

Explorar el tráfico de mensajes en su entorno para activar la alarma de fuera de cobertura.

En general la memoria almacena los mensajes según los recibe en una cola FIFO.

Otras características que podemos encontrar en los receptores además de sus funciones son:

- Posibilidad de cambiar la intensidad de aviso sonoro, pantalla y vibrador.

- Organización de memoria como una base de datos

- Numeración de mensajes

- Reloj: Fecha y hora

- Salida RS232 para impresora

- Protección de mensajes

- Información sobre si esta dentro de la zona de cobertura

- Indicador de mensajes duplicados

- Indicador de memoria disponible

- Algunos otros mensajes pregrabados como indicadores.

IV.3 FRECUENCIAS ASIGNADAS EN MÉXICO

Las frecuencias asignadas en México (NOM-083-SCT1-1993) para la radiolocalización de personas son: 30 a 54 MHz, 148 a 174 MHz, 930 a 932 MHz

La modulación debe ser en frecuencia y el ancho de banda que se otorga es de 16kHz

El rango de frecuencias más utilizado actualmente es el de 930 a 932 MHz y son muchos los concesionarios del servicio que tienen asignada una frecuencia en este rango, de acuerdo con el tipo de concesión y cobertura, regulada por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL).

La siguiente tabla muestra solo algunos de los concesionarios del servicio de radiolocalización móvil de personas y frecuencias para este servicio, dentro del tercer rango, de acuerdo con datos proporcionados por la COFETEL.

Razón Social	[MHz.]
Tecnología Briggs Stratton, S.A. De C.V.	929.09
Radio Láser S.A. De C.V.	929.56
Grupo Corporativo Del Norte S.A. De C.V.	929.61
Manuel Cisneros Gracia	929.71
Localizadores Bc, S.A. De C.V.	929.76
Pac-Tel De México, S.A. De C.V.	929.89
Pac-Tel De México, S.A. De C.V.	929.94
Telecomunicaciones Elektra S.A. De C.V.	931.24
Enlaces Radiofónicos S.A.	931.74
Warren Constructores, S.A. De C.V.	931.89
Buscatel S.A. De C.V.	931.91
Comunicaciones Mtel S.A. De C.V.	931.94

IV.4 TIPOS DE RADIOLOCALIZADORS

Existen diversos modelos de radiolocalizadores, que podemos diferenciar de acuerdo con algunas características funcionales.

Un solo tono o cuatro tonos

Este tipo de radiolocalizador, únicamente emite un Tono, el cual avisa que alguien requiere de informarte algo. Existen también radiolocalizadores con 4 tonos diferentes bajo los cuales se pueden agrupar números de posibles llamantes de manera que dependiendo del tono se identifique al grupo, haciendo así menor el número de posibles llamantes.

Presenta ciertas ventajas tales como: fácil de usar, gran capacidad de canal, las personas pueden ser alertadas cuando ellos estén ocupados.

Entre las desventajas que presenta están que: un solo tono alerta al paging, el subscriptor conoce solo que tiene cierta llamada preacordada, molesto el aviso sonoro en ciertas circunstancias, posibilidad de no escucharlo en ambientes ruidosos

Radiolocalizador tipo tono y voz

El radiolocalizador alerta al usuario, entonces reparte en un periodo de 10-20 segundos un mensaje de voz, el usuario puede entonces tomar acciones necesarias.

Sus ventajas pueden ser que el usuario recibe un mensaje de voz con alerta, elimina la necesidad de hacer una llamada telefónica al recibir el mensaje, la comunicación es más natural, puede identificarse la voz del remitente.

Desventajas son que, en ambientes ruidosos el mensaje no es privado pues lo escuchan quienes estén alrededor, si no se escucha habrá que esperar a que vuelva a repetirse.

Radiolocalizador tipo almacenamiento de voz.

El radiolocalizador silenciosamente alerta y almacena el mensaje de voz.

Sus ventajas son que: el usuario recibe todas las ventajas de un dispositivo de alerta silencioso; el mensaje es almacenado para que después pueda ser escuchado privadamente; el mensaje puede ser revisado más tarde si el receptor se encuentra en un ambiente silencioso o ruidoso.

Sus desventajas: los mensajes de voz toman mucho del tiempo aire y dada la expansión del mercado, algunas frecuencias se sobrepueblan llegando a ser un problema serio.

Numéricos

Con el advenimiento de los radiolocalizadores con display numérico a mediados de los 80's, el tono de alerta fue seguido por el despliegue de un número telefónico, o un mensaje codificado, se incorporan caracteres 0 al 9, puntos, guiones, asteriscos, comas, etc.

Esto incrementó la versatilidad de los radiolocalizadores con display numérico que también permitieron guardar mucho tiempo aire.

El radiolocalizador alerta al usuario y en un display de mensaje numérico, se despliega el número telefónico del llamante.

Alfanuméricos

Los radiolocalizadores alfanuméricos despliegan mensajes alfabéticos o números introducidos por la persona que deseaba comunicarse o por un operador usando una combinación de computadora/módem o un dispositivo de entrada radiolocalizador diseñado para introducir mensajes alfanuméricos. Estos dispositivos de entrada no son comunes y constituyen una de las principales razones por las cuales los radiolocalizadores alfanuméricos tengan que manejarse por captura.

Sus ventajas: mensajes precisos, no solo numéricos, el usuario puede desplegar mensajes y hacer mejor uso de ellos.

IV.5 PROTOCOLOS

Un protocolo es un conjunto de reglas que gobiernan el formato del contenido de los datos y la información que fluye, en un sistema de comunicación, que interconecta varios dispositivos. Es el lenguaje para comunicar la información.

Las redes pagings utilizan gran cantidad de protocolos, cada protocolo tiene un propósito específico. Debido a esto los protocolos se agrupan en:

- Protocolos de Entrada
- Protocolos Inter-Sistema e Intra Sistema
- Protocolos de Control del transmisor
- Protocolos del Radiolocalizador
- Protocolos de Administración

IV.5.1 Protocolos de entrada (input protocols)

Son los usados para introducir la información paging en una terminal paging. Contestan la llamada y reciben los datos en la terminal.

Cuando se accede a un sistema paging se accede a través de la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC), se hace ya sea por líneas individuales, o enlaces digitales como T1 (EUA) 24 canales o CEPT/E1 30 canales. Sobre estas líneas operan dos clases de protocolos de entrada: protocolos de troncales telefónicas analógicas y protocolos de entrada de comunicación digital.

PROTOCOLOS DE TRONCALES TELEFÓNICAS ANALÓGICAS.

Existen dos formas de acceso a líneas: terminal - terminal (casas, teléfonos públicos, etc.) o por Selección de Nivel (PBX Private Branch Exchange).

El funcionamiento es similar la diferencia es que en PBX la terminal paging toma el número de radiolocalizador automáticamente y en domésticos se pide el número de radiolocalizador después de contestar la terminal paging, a continuación se describe el proceso para PBX, en modalidad terminal - terminal, existen tonos para pedir mensaje y una guía pregrabada, según sistema.

Quien Llama	Central Telefónica	Terminal Paging
Marca 555-7892	Alerta a la terminal y manda los dígitos 7892	Recoge el número y si es válido acepta la llamada
	Establece la llamada	Genera un tono para quien llama, avisando que está lista
Teclea los dígitos a ser desplegados y termina con * o #		Da un tono de aceptación e indica a la central que terminó la llamada.
	Termina la llamada	

IV.5.2 Protocolos intrasistemas e intersistemas

Son usados para la comunicación entre terminales paging y entre redes paging.

Debido a que existen diferentes compañías de servicio de radiolocalización y debe existir un protocolo entre las estaciones paging de otras compañías y de la propia, se adoptó como estándar el protocolo TNPP (Telocator Network Paging Protocol).

Este protocolo es para comunicaciones punto a punto, usa paquetes de información con dirección, selecciona la mejor ruta de destino, y desecha paquetes incompletos. Usa el concepto de red virtual.

IV.5.3 Protocolos de control del transmisor

Operan entre el equipo terminal paging de radio y el equipo transmisor de radio

Una vez que los datos se han creado por la terminal paging, estos protocolos se encargan de llevar la información a uno o más transmisores de radio, para distribuir la señal en diferentes áreas

geográficas. Además no podríamos mantener todas las antenas encendidas por lo cual es necesario saber cuáles de ellas deben transmitir. De esto y en general de la comunicación entre estación y transmisor se encargan estos protocolos.

IV.5.4 Protocolos paging

Son los protocolos de los receptores que reciben voz, números, caracteres alfanuméricos o datos binarios, para ser desplegados, procesados o transferidos a otros dispositivos. Existen dos tipos unidireccionales o bidireccionales.

• UNIDIRECCIONALES

Las señales paging van destinadas a alertar a un radiolocalizador en especial, deben llevar una dirección específica, y debido a que el receptor no va a responder debemos transmitir de una manera segura. Se usan para ello técnicas de codificación para la corrección y detección de errores, como los conocidos CRC, capaces de detectar y recobrar los datos incorrectos. Además deben proporcionar seguridad contra falsas alarmas. Otro reto es el ahorro de energía del receptor para lo cual algunos protocolos lo contemplan. Algunos protocolos de este tipo son: formato 2 tonos, 5/6 tonos, POCSAG, MBS, ERMES, FLEX™.

Los diferentes formatos paging tienen ciertas ventajas y desventajas cuando se comparan unos con otros. En algunas redes paging éstos son diseñados para soportar radiolocalizadores que no solo son vendidos por un carrier.

Las marcas tienen que diseñar sus propios formatos con la finalidad que intenten evitar falsas alertas de otras marcas de radiolocalizadores cuando un formato diferente está empezando a transmitir en la misma frecuencia. Cuando esto es una mezcla de formatos de paging en la misma frecuencia, la función de la terminal paging óptima la mezcla de formatos de paging que proporcionen el método más eficiente de transmitir los mensajes lo más rápidamente posible.

Formato dos tonos

Es uno de los primeros protocolos, es una técnica analógica que transmite dos tonos secuenciales audibles, generalmente de diferente duración, para representar una dirección única. El número de tonos que se usan determina el número máximo de radiolocalizadores que soporta el sistema.

En un paging de 2 tonos donde la secuencia se compone de 2 tonos, usando 60 tonos diferentes nos dará 60x59 que son 3,540 direcciones únicas (59 porque deben ser diferentes). Estas secuencias se modulan en FM para poder ser transmitidas, de manera que estos tonos modulan a la portadora de una manera única.

Generalmente se usan tonos en el rango de 500 Hz a 4000 Hz. Por ejemplo, la frecuencia combinación de 3636 Hz seguida por 880 Hz puede alertar a un radiolocalizador, mientras que la secuencia de 880 Hz seguida por 3636 Hz alerta a otro radiolocalizador. Entre tonos debemos transmitir una pausa o "Gap-Hueco", lo mismo que al final del segundo tono, antes de que otra secuencia de tonos sea transmitida por otro radiolocalizador.

t1	t2	t3	t4
Tono A	Pausa A	Tono B	Pausa B

En algunos radiolocalizadores de dos tonos, la longitud de los tonos transmitidos y el periodo de tiempo del hueco controlan el tipo de sonido escuchado. En algunas implementaciones, el tono B es repetido con un intervalo corto en secuencia causando un doble sonido. Los periodos de tiempo t1 y t2 tienen típicamente un orden de 240 milisegundos. La pausa A puede ser de 0 a 10 milisegundos y la pausa B puede ser de 500 ms. Este formato es usado por radiolocalizadores de tono y voz. Si es un radiolocalizador de voz, después de transmitir el tono B y esperar la pausa B, la bocina del radiolocalizador es conectada directamente a la señal analógica así que transmite señales de voz análogas. Puede soportar alerta de un solo tono.

Tiene las siguientes desventajas: duración de tonos y silencios largos, un radiolocalizador posterior transmite 60 páginas por una de este sistema en el mismo tiempo; número limitado de radiolocalizadores que puede soportar una portadora.

Formato de tono 5/6

Es un protocolo analógico, es una mejora del sistema de 2 tonos. Soporta voz, tono y ahorro de energía. Este formato usa 11 diferentes tonos, 10 de ellos representan los dígitos del 0 al 9, el onceavo es "R" repetir y se pueden tener hasta 100,000 direcciones con estos 11 tonos. Para alertar al radiolocalizador, se transmiten secuencialmente cinco tonos que corresponden a su número codificado. El tono R es automáticamente sustituido por el segundo de dos dígitos sucesivos idénticos. Por ejemplo el código 13337 se convierte en 13R37. Esto asegura que dos dígitos sucesivos no sean decodificados como uno solo. Se puede usar un doceavo tono para indicar que el radiolocalizador emita otro sonido.

Para ahorrar baterías se agrupan los radiolocalizadores de 5 tonos, en 10 grupos de ahorro de energía, la terminal paging agrupa las alertas por grupos. Se manda un preámbulo antes de la sección de mensajes para despertar al grupo. Este preámbulo es un tono largo de una de las diez frecuencias. Los grupos de radiolocalizadores que no reciben el tono de despertar permanecen inactivos, hasta que llegue su preámbulo. Agregando la opción de ahorro de energía se pueden soportar un millón de radiolocalizadores. Soporta en un solo canal, cuatro veces el número de radiolocalizadores que si usáramos el formato de 2 tonos.

POCSAG (Post Office Code Standardisation Advisory Group)

Fue desarrollado en 1978 por un grupo internacional de ingenieros, para crear un código de gran cobertura que soporta radiolocalizadores de tono, mensajes numéricos, alfanuméricos y 4 patrones de sonidos de alerta; se adoptó por el CCIR en febrero de 1981 como recomendación estándar 584 como Código 1. Es un código digital para operar a 512 bits por segundo. Pero se ha usado en 1200 y 2400 bits/s. Puede soportar 15 radiolocalizadores de tono por segundo (a velocidad de 512bits/s en y con tráfico). Casi 100 veces más rápido que el formato de 2 tonos. Es muy eficiente cuando se transmiten grandes volúmenes de tráfico.

Cada radiolocalizador cae dentro de un grupo de ocho radiolocalizadores, basándose en la dirección del radiolocalizador. La transmisión consiste en 576-bits de preámbulo que es usado para despertar a los radiolocalizadores. Además este preámbulo sirve para ajustar la tasa de bits y verificar, su formato es 1010101. Un bloque de páginas consiste en un código 32 bits de sincronía seguido por ocho tramas de 64 bits.

Como dijimos anteriormente el radiolocalizador está en un grupo de 8 radiolocalizadores más y solo se puede llamar a él si su dirección está en una trama particular asignada para ese radiolocalizador. Cualquier mensaje que se quiera transmitir se codifica y transmite en bloques fijos, conocidos como palabras código, comenzando después de la palabra código que contiene la dirección del radiolocalizador. La mayoría de las veces el mensaje codificado es transmitido en muchas tramas, de manera que invadimos otras tramas que podrían ser utilizadas para las direcciones de los otros radiolocalizadores. Las direcciones de radiolocalizadores deben caber en su trama en que la espera, si está ocupada por datos, deberá esperar hasta que éstos terminen.

Palabra código de direcciones

Bit	1	2	19	20	21	22	31	32	64
Contenido	0	Dirección			Identificación de fuente		Corrección de error		paridad par

El precódigo son 3 bits que especifican la ubicación de la trama en cada bloque, donde se recibe la dirección del radiolocalizador.

Ahorro de batería: Se apaga durante todas las tramas excepto la de precódigo.

Capacidad del Código: La combinación del precódigo y la dirección de 18 bits proporciona más de 2 millones (221) diferentes códigos asignados.

Palabras Código de Mensaje: Siempre comienzan con 1 y después de la dirección, el mensaje continúa hasta la transmisión de la siguiente dirección o fin de transmisión. Nota: las reglas para códigos de direcciones no se aplican en el mensaje.

ERMES (european radio message system)

El sistema ERMES ha sido diseñado para operar como sistema de paging nacional ofreciendo al mismo tiempo la facilidad de interconexión de varios sistemas nacionales para formar de este modo un sistema internacional y ofrecer un *servicio panaeuropeo*.

El sistema ERMES fue diseñado pensando en la proliferación de estándares nacionales y a veces propietarios (POCSAG, GOLAY D2, RDS...) incompatibles entre sí. Con ello se espera crear un gran mercado y rebajar los precios. Permite ofrecer a sus usuarios muchos más *servicios y facilidades* que los sistemas actuales. Entre las características del sistema:

- Ofrece un nivel de calidad muy elevado (probabilidad de éxito en las llamadas superior al 95% en el borde de la zona de cobertura).
- Conjuga la eficacia en la utilización del espectro con el costo de los receptores y de la infraestructura fija necesaria.
- Es flexible ya que admite que cada país asigne el número de frecuencias que sean necesarias en función de su demanda.
- Es un formato de codificación de alta velocidad 6250 bps.
- Tiene un espectro dedicado en 169 MHz, con 16 canales adyacentes.
- El paging nacional e internacional ofrece mucha más capacidad que todos los sistemas anteriores (de 5 a 10 mensajes alfanuméricos por segundo y zona en cada frecuencia).
- Ahorro de batería (35 veces más que POCSAG).
- Usa 4FSK y la información está en un intervalo específico.
- Roaming cuando el radiolocalizador detecta que no es su sistema doméstico (donde se adquirió), comienza a buscar su ruta.
- Comparado con POCSAG 1200, ERMES ofrece 4 veces la capacidad para un mensaje de 40 caracteres y 2.5 en numéricos.
- La asignación de los 16 canales, se posiciona de manera que cuando el radiolocalizador termine de ver su cadena en un canal, su espacio asignado sea la primera cadena del siguiente canal, de esta forma no hay periodos de espera para el suscriptor roaming.
- La infraestructura fija necesaria para instalar un sistema paging es muy económica.
- Los transmisores de estos sistemas suelen ser de gran potencia, la cobertura bastante grande y la penetración de la señal en el interior de los edificios es bastante buena.

Arquitectura del Sistema ERMES

Los principales elementos del sistema son:

- **Unidad de Control (PNC):** Asegura las interfaces con las redes públicas de telecomunicaciones, recoge los mensajes y los procesa para su envío a los controladores de zona o a las unidades de control de otros países. Además soporta todos los aspectos de operación y mantenimiento del sistema y la gestión administrativa de los abonados.
- **Red de Distribución:** cuyo elemento principal son los *controladores de zona*, que recogen los mensajes procedentes de la unidad de control, los ordenan y los envían a las estaciones de base para su transmisión.
- **Estaciones de Base:** Albergan los transmisores que radian los mensajes al aire y los sistemas de control y sincronización que son necesarios. Aseguran la cobertura radioeléctrica de una determinada zona geográfica.

Servicios y Facilidades del Sistema ERMES

Los mensajes que se pueden transmitir son de varios tipos: mensajes de aviso o alerta (tonos o señales luminosas); mensajes numéricos (envío de una secuencia de números); mensajes alfanuméricos (mensajes texto de corta longitud)

Los servicios adicionales son:

- Acuse de recibo y con aceptación: informan al usuario llamante que el código del usuario llamado, el mensaje introducido son correctas y que la llamada ha sido aceptada.
- Desvío: permiten activar función de seguimiento "roaming" por parte del móvil.
- Protección contra pérdida de mensajes: repetición de mensajes, almacenamiento y retransmisión, numeración de mensajes en origen, etc.
- Prioridad en el envío de mensajes: permiten establecer tres prioridades para el envío de los mensajes (nivel 1: menos de 1 minuto, nivel 2: depende de la cola de espera, nivel 3: sin ningún requisito de tiempo).
- Envío de mensajes a grupos cerrados de usuarios
- Restricción de llamadas entrantes durante determinados periodos de tiempo y la entrega diferida de los mensajes.
- Seguridad: permiten proteger a los usuarios frente a los accesos ilegales al sistema e incluye la encriptación de los mensajes.

Estructura del protocolo de transmisión

Cada secuencia dura 1 hora y contiene 60 ciclos de 1 minuto cada uno. Cada ciclo consta de 5 subsecuencias de 12 segundos cada una para permitir una cierta flexibilidad en la distribución del tráfico en aquellas redes que utilizan un esquema de división de tiempo para el desacople entre las zonas adyacentes.

Cada subsecuencia se divide en 16 tipos de "bloques", denominados A hasta P. Los bloques del tipo A hasta O tienen una longitud de 154 palabras y los bloques de tipo P tienen una longitud de 190 palabras. Los receptores ERMES se dividen en 16 grupos y cada uno de ellos se asigna a un tipo de bloque según su numeración (últimos cuatro bits). Por último cada bloque consta de cuatro partes: una para sincronización, una para información del sistema, una para las direcciones, la última para mensajes.

Parte de sincronización:

Consta de dos palabras de 30 bits cada una (el preámbulo y la palabra de sincronización).

Parte de información del sistema:

Código de país de la red transmisora (7 bits).

Código del operador de la red (3 bits)

Código de la zona de radiomensajería (6 bits)

Indicador de la existencia de tráfico externo (1 bit)

Indicador de zona fronteriza (1 bit)

Indicador del conjunto de frecuencia usadas por el operador en esa zona (5 bits)

Número de ciclo (6 bits)

Número de subsecuencia (3 bits)

Número de bloque (4 bits)

Tipo de información suplementaria del sistema (4 bits)

Información suplementaria (14 bits).

Parte de direcciones:

Es de longitud variable hasta un máximo de 140 palabras. Siempre termina con un indicador de terminación. En ella se incluyen de forma ordenada, las direcciones de todos los receptores para los que hay tráfico en ese bloque. Si no hubiese tráfico útil en ese bloque se incluye cinco veces el indicador de terminación.

Parte de mensajes:

Contiene los mensajes útiles dirigidos a los receptores ERMES, separados entre sí por un delimitador de mensaje (fin de ese mensaje). Todos los mensajes comienzan con una cabecera de 36 bits que contiene algunas informaciones como la dirección del receptor el número de mensaje, etc.

Cobertura

Dentro de cada zona de radiomensajería, todas las estaciones de base operarán en modo cuasisíncrono, o sea transmitiendo exactamente la misma información al mismo tiempo. Aunque es difícil dar cifras precisas, ya que dependen de la planificación concreta de cada red, se estima que la separación entre transmisores ERMES debería ser de unos 25 a 30 km.

La sensibilidad especificada para los receptores ERMES es de 25 dB μ V/m. La potencia recibida en un receptor ERMES debe ser superior a -119 dBm, lo que corresponde a una ganancia efectiva de la antena del receptor de -24 dB.

Métodos de Acceso

Hay dos tipos de acceso: Acceso directo para la entrada de mensajes de aviso y el acceso extremo a extremo.

El sistema ERMES podría estar conectado a todas las redes nacionales de telecomunicaciones directamente o bien unas a través de las otras. Las principales redes desde las cuales se tendrá acceso al sistema ERMES son:

La red telefónica conmutada

La red digital de servicios integrados (ISDN)

La red de datos por conmutación de paquetes (PSPDN)

La red Télex

Las ventajas de ERMES respecto a los sistemas como el POCSAG son: capacidad de abonados; servicios y facilidades ofrecidos; longitud de los mensajes transmitidos; posibilidad de "roaming" internacional; flexibilidad y eficacia en el uso del espectro; calidad de servicio; costo; uso de la tecnología más avanzada

MBS

Es un formato Suizo que soporta paging sobre grandes áreas geográficas sin la necesidad de reusar la misma frecuencia a través de la red. El formato es transmitido con las señales principales de una estación de radio junto con un segmento de la transmisión conocido como subportadora. Estas subportadoras son parte de cada transmisión de radio FM y televisión y normalmente son removidas e ignoradas por los receptores. El formato soporta tono, números y caracteres alfanuméricos.

Los radiolocalizadores buscan la banda de radio FM y se quedan en señales especiales (lock) que son continuamente transmitidas para indicar que los datos paging están siendo transmitidos en una frecuencia particular de radio. Cuando un radiolocalizador es encendido, toma hasta 30 segundos para encontrar la estación FM que está transmitiendo la señal.

El formato es transmitido a 1187.5 bits/s. Las direcciones de seis dígitos permiten hasta 1 millón de radiolocalizadores y un código de 2 dígitos más permiten que existan varias redes.

Cuando encendemos el radiolocalizador se mueve en el rango de una estación FM, busca una señal que es continuamente transmitida a 57 kHz, busca el identificador de red, y se posiciona en esa estación de radio y busca su dirección.

El formato está orientado alrededor de transmisiones secuenciales de 26 bits. Estas transmisiones contienen 16 bits de información y 10 bits para detección y corrección de errores. Los seis dígitos de direcciones radiolocalizador son expresados como seis dígitos binarios de cuatro bits, de allí que se requiera una transmisión de 52 bits. Una página de solo tono puede ser transmitida en 44 milisegundos. Para radiolocalizadores numéricos o alfanuméricos, inmediatamente después de la dirección se transmiten los datos en bloques de 26 bits. Se pueden transmitir cuatro dígitos numéricos con los 16 bits de datos contenidos en cada bloque de transmisión. Los bloques que contienen mensaje de datos no contienen el código de identificación de la red que es parte del bloque de dirección.

Para ahorro de energía los radiolocalizadores son agrupados en uno de los 100 grupos basados en los dos primeros dígitos de la dirección. Cuando un radiolocalizador está completamente alimentado, busca su número de grupo. Una vez encontrado, busca sus únicos cuatro dígitos de dirección. La terminal paging debe lotificar todas las páginas de acuerdo con su número de grupo. Cuando no hay más páginas para este grupo, se apaga por 32.707 segundos. Durante este periodo, el receptor no detecta páginas. Para máxima vida de batería, el sistema paging debe ser capaz de mandar las nuevas páginas de este grupo tan rápido como sea posible, después de este periodo de 32.7 segundos. Si no hay páginas de este grupo, se manda un código para apagarlos.

FLEX™ (Motorola)

Es un código para radiocalizadores completamente sincrónico y unidireccional, ya que mantiene al receptor continuamente en sincronía con la transmisión paging. Se desarrolló por Motorola para poder incrementar la velocidad. Éste es capaz de operar a velocidades de datos de 1600, 3200 o 6400 bps. El formato soporta la entrega de un solo tono, numérico, alfanumérico y de receptores binarios.

El protocolo es sincronizado, transmitiendo marcos a intervalos de tiempo muy específicos. El primer marco típicamente inicia en la hora. Los radiocalizadores pueden ser puestos suponiendo que sus páginas llegaran durante cierto marco de transmisión, ya, bajo un sistema de control que recibe páginas en marcos los cuales ocurren más a menudo. Esto puede ser usado cuando un canal es cargado ligeramente con la orden de enviar algunas páginas a una tasa de tiempo de propagación por encima de un gran periodo de tiempo. Esto también permite a FLEX™ ser introducido en un canal existente minimizando el alcance del tiempo aire usado por FLEX™. El formato es capaz de direccionar más de un billón de direcciones.

FLEX™ provee un rango de modo de operación el cual permite al paging terminal un enorme grado de flexibilidad en transmisiones óptimas de páginas en una cola basada en condiciones de carga de tráfico. Mensajes largos pueden ser segmentados en piezas cortas y reensamblados por el receptor. Esto permite que los mensajes cortos sean transmitidos entre segmentos de mensajes largos. Otras características permiten que ciertas páginas requeridas sean reemplazados por transmisiones cortas por eso permite que más páginas lleguen en un periodo dado.

Datos Técnicos

Los sistemas FLEX™ pueden dinámicamente cambiar la tasa de velocidad durante los tiempos pico de demanda, siendo la velocidad óptima la que encuentre menor demanda de tráfico. FLEX™ tiene un modo de mensaje binario que permite encriptar el mensaje. Los radiocalizadores FLEX™ deben ver la sincronía FLEX™ al menos una vez por minuto y si comparten canales deben sincronizarse.

FLEX opera en un ciclo de 4 minutos. Durante estos 4 minutos, existen 128 tramas de 1.875 segundos cada una. Cada una de estas tramas contiene un encabezado de 1600 bps, seguido de 10 bloques de datos. En 1600 bps, estos bloques son de 256 bits de largo, en 3200 bps son de 512 bits y en 6400 bps son de 1024 bits. Estos bloques contienen información organizada como 1, 2 ó 4 grupos de 8 palabras código BCH (32-bits). Motorola utiliza el código (32,21) BCH. Cada palabra código de 32-bits contiene 21 bits de datos y 11 bits para corrección de error. Los grupos de ocho palabras código están almacenados en filas pero transmitidos por columnas, que separan los datos.

A 1600 bps, cada bloque consiste de 8 palabras código de 32-bits ó 256 bits y estos bits son transmitidos como 1600 bps en FSK bipolar. En 3200 bps, cada bloque consiste de 512 bits para dos grupos multiplexados de ocho palabras código y estos bits son transmitidos como 4-FSK a 1600 símbolos por segundo. En 6400 bps, cada bloque consiste de 1024 bits de cuatro grupos multiplexados de ocho palabras código y estos bits son transmitidos como 4-FSK a 3200 símbolos por segundo. Al final de la recepción, los datos son demultiplexados y deenlazados en los grupos originales de ocho palabras código y revisados por el BCH, con lo cual pueden corregirse hasta 2 errores en cada palabra código de 32-bits.

El romper los datos en bloques intermitente es hecho para el manejo de errores únicamente. Los 10 grupos de ocho palabras código seguidas por el encabezado de sincronía llevan una palabra bloque de información, un campo de dirección, un campo de vector, un campo de mensaje y algún espacio. Estas palabras o campos están contenidos en cada trama seguidas del encabezado de sincronía, pero no necesariamente alineados con las fronteras del grupo de palabras código. Las direcciones van primero, así que los radiocalizadores pueden dormir por el resto del campo si no se incluyó su dirección.

Se puede usar un espacio después del campo de mensaje de datos, porque las longitudes del mensaje son variables y no todas las direcciones requieren vectores, aún los 10 bloques deben permanecer en sus tamaños fijos para sincronía.

A 3200 y 6400 bps donde se multiplexan dos o cuatro subtramas en cada trama transmitida, las palabras de bloque de información, las direcciones, los campos de vector y datos y espacio vacíos de cada subtrama son de tamaño independiente.

Los radiolocalizadores pueden ser programados para monitorear solo algunas de las tramas. Los sistemas paging deben ser por supuesto correspondientemente programados. El hecho de monitorear pocas tramas, permite al radiolocalizador dormir más y ahorrar batería donde se tolere menor respuesta de paging. Por ejemplo, si un radiolocalizador monitorea solo cada treinta y doceavo de trama, habrá hasta 60 segundos de retraso adicional (32 veces 1.875 segundos por trama), pero con un sustancial ahorro de batería. Si en lugar de que el radiolocalizador monitorea cada cuarto de trama, el retraso bajara a 7.5 segundos (4 veces 1.875 segundos por trama), pero con menos ahorro de batería. Se pueden programar ahorros de energía de 4, 8, 16 y 32 tramas.

Eficiencia

Más de 600,000 radiolocalizadores numéricos por canal a máxima velocidad de 5 veces POCSAG 1200. Con radiolocalizadores alfanuméricos, FLEX™ supera en 5 veces a POCSAG 1200. Inversión mínima en inversión al modificar la infraestructura.

FLEX™ puede ser usado en un canal dedicado o mixto en un sistema que tenga POCSAG. Para actualizar estaciones que no cuenten con FLEX™, se pueden ir instalando versiones de FLEX™ según lo vaya demandando el mercado (FLEX™ 1600-3200-6400bps), sin degradación o interrupción del servicio. Estos cambios son transparentes para los usuarios existentes, pero los nuevos radiolocalizadores FLEX™ sí pueden usar la nueva infraestructura.

Máxima vida de la Batería

Puesto que FLEX™ es un código síncrono, permite al radiolocalizador habilitarse solo cuando un mensaje es esperado y con ello se prolonga la vida útil de la batería. Para los usuarios de radiolocalizadores esto es muy importante, puesto que se reducen costos y permite la construcción de radiolocalizadores más pequeños.

Alta Integridad y Confiabilidad del usuario.

FLEX™ ofrece máxima corrección de errores contra multicanalización o atenuación. Está diseñado para proporcionar dos banderas "fin de mensaje" o "mensaje perdido" y solicitar su retransmisión. Aún cuando el radiolocalizador esté apagado o fuera de rango, FLEX™ le hará saber al usuario que se ha perdido un mensaje. FLEX™ soporta alerta de tono puro, ASCII, hexadecimal, números, alfanuméricos y cadenas de datos binarios sin formato.

Características:

- Máxima corrección de errores por atenuación y multicanalización.
- Detección de error integrada.
- Excelente desempeño en fading (desvanecimiento) y simulcast.
- Control de Fin-de-mensaje.
- Puede usarse el modo de datos binario.
- Set Internacional de caracteres.
- Códigos mixtos como POCSAG.
- Duración de la batería hasta un año (AAA), dependiendo de la opción velocidad o espera.
- Permite a redes múltiples usar la misma frecuencia (scanning).
- Una sola dirección lleva mensajes de todos tipos (tonos, números, alfanuméricos, binarios).
- Llamada a grupos.
- Numeración de mensajes.
- Varias marcas.
- Ajuste de velocidad.
- Fácil de actualizar de 1600 a 6400 bps.

• **BIDIRECCIONALES**

Un paging receptor equipado con batería eficiente para transmitir, es ahora capaz de responder cualquier eventualidad a la terminal de control. La terminal de control cambia, puede adelantar una respuesta al transmisor del radiolocalizador. Éste puede incluir el envío de otro radiolocalizador, un correo de voz, fax, correo electrónico o marcación de un número telefónico, entre otros.

Varios tipos de respuestas son posibles. Diferentes dispositivos pueden ofrecer algunas o todas estas respuestas. Algunas de estas respuestas pueden causar un estado de actualización que es requerido por la terminal de control paging para tomar la llamada o puede iniciar el seguimiento de la respuesta de la llamada.

Algunos protocolos soportan registro autónomo. Éste es el envío de un paquete especial de control para el radiolocalizador cuando es encendido o entre en una región de cobertura de la red paging. Éste es un camino, el sistema de control paging puede determinar si está en espera algún mensaje enviado al radiolocalizador cuando por primera vez llega a ser reconocido por la red. Éste puede ser extendido a otras redes multiciudades que provean la capacidad de roaming automático.

REFLEX™

Este protocolo fue diseñado por Motorola. El protocolo define la manera en la cual el mensaje y datos de control son enviados al paging y al receptor del mensaje así como la manera de usar el regreso de varios tipos de respuesta para el receptor. Éste permite al receptor la transmisión de su respuesta en una frecuencia diferente de la que fue recibido. Otras características son permitir operaciones por encima de 25 kHz ó 50kHz de ancho de banda de canal proporcionando tasas altas y capacidad alta de ancho de banda. REFLEX™ opera como un protocolo sincronizado.

El paging que viaja por el canal puede operar a 1600, 3200 y 6400 bps (bits cada segundo) aunque REFLEX™ puede también operar por encima de múltiplos de 6400 bps en corrientes de datos si tienen suficiente ancho de banda disponible. Este protocolo tiene la misma capacidad y características de transmisión de FLEX™, incluyendo segmentación de mensajes largos y la habilidad de utilizar mecanismos alternativos para reducir el tiempo transmisión de ciertos mensajes.

Este protocolo provee una elección de múltiples velocidades de señalización para responder a mensajes. La habilidad de listar la localización de transmisores específicos prevee la característica de reuso permitiendo al sistema la máxima utilización del espectro de radio frecuencias.

InFLEXion™

Otro miembro de la familia de protocolos FLEX™ es el InFLEXion™, protocolo de mensajes de voz y datos utilizando ambos FM. Este protocolo permite la creación de redes de mensajes de voz y datos con capacidad de reuso de frecuencia similar a la telefonía celular. Este protocolo es basado en REFLEX™. El mensaje de voz viaja por un canal de 50 kHz aunque pueden usarse técnicas de compresión disponibles permitiendo mayor o igual capacidad que la actual que es de canales 25 kHz. Simultáneamente, otros mensajes de voz pueden ser enviados en la misma frecuencia mientras que se encuentren separados geográficamente de este modo no se presentará interferencia. Con InFLEXion™ los datos se transmiten en un canal de 50 kHz a 112 kbps.

Un radiolocalizador de dos vías en cualquiera de los protocolos ofrece al usuario un alto grado de confiabilidad, ya que la recepción de mensajes será garantizada con conocimiento de recibo, gracias al teclado.

IV.5.5 Protocolos de administración

Son protocolos específicos que permiten a una computadora externa, mantener la base de datos de usuarios, llevar control de cobro, se les conoce como HCP (Host Computer Port Protocol).

IV.6 SISTEMA DE RADIOBÚSQUEDA DE GRAN ALCANCE (WIDE AREA PAGING)

Es un sistema modular para radiobúsqueda de gran alcance (Wide area paging), denominado "System T" que en varios aspectos es un concepto completamente nuevo en telecomunicaciones.

Se describe a continuación la arquitectura del sistema, sus funciones de acceso, la económica distribución por satélite recomendada para el sistema, y los servicios básicos y adicionales que puede prestar.

La idea fundamental que rige el desarrollo del nuevo sistema modular de Ericsson para radiobúsqueda de gran alcance, "System T", consiste en basarlo en el grado máximo posible en productos comerciales de suministradores bien establecidos de componentes en tecnología de punta. Esto ha permitido reducir a un mínimo las tareas de desarrollo propias dedicándose la mayor atención a programas de aplicaciones. La mayor parte de la plataforma del sistema consiste en productos adquiridos tanto en hardware como en software. Solamente se ha dedicado algún trabajo a desarrollar un sistema básico resistente a fallos.

Para importantes funciones e interfaces se han seguido estándares convenidos internacionalmente, a fin de hacer al sistema 'a prueba del futuro'. Ejemplos significativos de este enfoque son la elección de un sistema de operación UNIX en el selector central, el protocolo TCP/IP en la red interna, una interface SQL a la base relacional de datos, OSF/Motif para el interfaz gráfico de usuario, y una interface EISA a las tarjetas de comunicación.

Para el desarrollo del sistema se ha seguido un diseño orientado a objetos, lo que ha resultado en una estructura de software bien organizada que se presta a un mantenimiento fácil y capacidad de reemplazo. En general se ha empleado el lenguaje de programación C++.

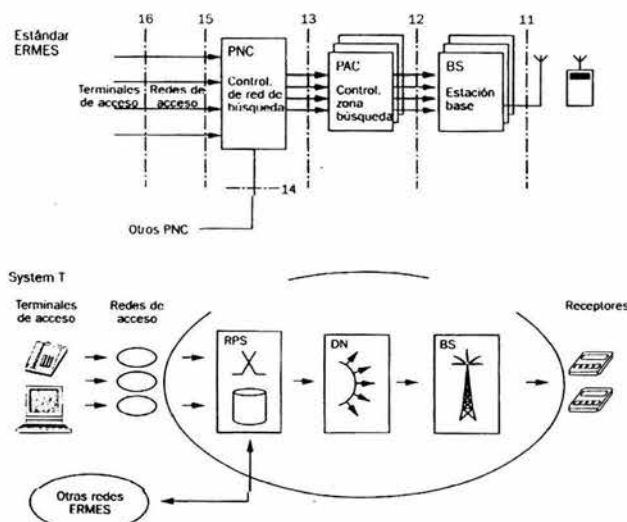
IV.6.1 Breve descripción del sistema

El System T apoya los estándares más comunes de radiobúsqueda, sobre todo el estándar ERMES de la ITU-T y los POCSAG y ROS de extenso uso, pero se ha planeado también el apoyo a los protocolos APC de Philips y FLEX de Motorola. El System T se considera formado por tres partes de acuerdo con la figura:

Central de radiobúsqueda, RPS (Radio paging switch).

Red de distribución, DN (Distribution network).

Estaciones base, BS (Base stations).



El cuadro conmutador de radiobúsqueda (RPS) es el núcleo del sistema, recibe mensajes de las redes de acceso, los analiza y los envía a la red de distribución.

Hay dos modelos de System T, T10 y T20, que difieren solamente en la central RPS; usan la misma red de distribución y las mismas estaciones base. T10 es el modelo menor, previsto para un máximo de 50,000 abonados y hasta 80 estaciones base en el caso de distribución por satélite. T20 se ha diseñado para por lo menos un millón de abonados y 1,000 estaciones base.

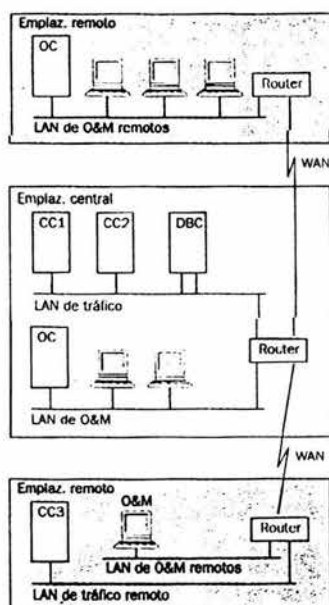
• **CENTRAL PARA RADIOBÚSQUEDA, RPS**

La central RPS recibe mensajes desde diferentes redes de acceso, analiza los servicios que han de prestarse y solicita a la red de distribución que transfiera los mensajes a las estaciones base de las zonas de búsqueda en que han de ser transmitidos.

IV.6.2 Arquitectura del hardware de T20

El modelo T20 consiste en los siguientes componentes.

- armario servidor de base de datos, DBC
- armario con ordenador de comunicación, CC
- armario de operación y mantenimiento, OC
- LAN/WAN (redes de zona local y de zona extensa) y equipo terminal.



Armario servidor DBC

El armario DBC consiste en un ordenador resistente a fallos o errores, con almacenamiento en discos y unidades de cinta magnética; maneja la base de datos relacional que contiene los datos de abonados. El sistema de operación es del tipo UNIX V.4, y los programas están redactados en C++. La base relacional de datos tiene una interface SQL estandarizado para facilidad de acceso.

El ordenador de comunicación CC está alojado en un armario de 19" que aloja un ordenador comercial con una interface EISA, máquinas parlantes y modems. Opcionalmente el armario puede dotarse con una unidad de baterías, con fuente de alimentación sin interrupción (UPS), un receptor de sistema global de posición (GPS) y una tarjeta para alarmas externas. El ordenador está equipado con un almacenamiento en discos y cintas magnéticas para audio digital (DAT). Las tarjetas de interface de línea están también montadas en este armario; son tarjetas V.24, con 32 puertos cada una, tarjetas X.25 con dos puertos y tarjetas CCS7 e ISDN.

El armario de operación y mantenimiento OC, comprende un ordenador para dichos fines (una estación de trabajo UNIX), en el que están almacenados los datos para facturación y las

estadísticas, hasta que se transfieren al centro de red. Dada su capacidad, este ordenador controla también los terminales de operación y mantenimiento.

La red interna es del tipo de área local LAN, Ethernet, que puede ampliarse por medio de ruteadores a una red de zona extensa WAN. Por razones de fiabilidad la red se divide en una 'LAN de tráfico' y una 'LAN de operación y mantenimiento' (O&M LAN), separadas por ruteadores. El equipo terminal consiste en terminales X Windows u ordenadores personales PC con funciones X Windows. Pueden también conectarse impresoras.

Tanto en LAN como en WAN se emplea el conjunto de protocolos TCP/IP.

Arquitectura del hardware de T10

El modelo T10 del sistema RPS consiste en un servidor de base de datos y armario de comunicación combinados. Es un armario de 19" del mismo tipo del modelo T20; se trata de un ordenador comercial con una interface EISA, máquinas parlantes y módems. Como opcional, el armario puede dotarse con una unidad de baterías, fuente de alimentación sin interrupción, un receptor GPS y una tarjeta para alarmas externas.

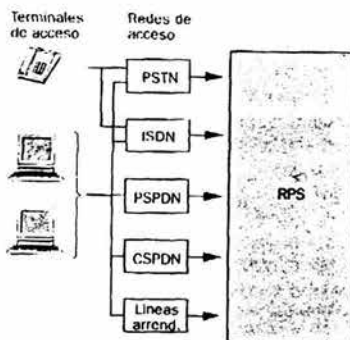
El ordenador tiene memoria de disco para la base de datos, y cintas magnéticas de audio digital. Las tarjetas de interface de línea del ordenador son idénticas a las del modelo T20. Los terminales de operación y mantenimiento están también conectados al armario.

El equipo dotado en el modelo T10 puede reusarse si el sistema se revaloriza a T20. Una empresa operadora puede por tanto comenzar con un sistema T10 si desea limitar sus inversiones iniciales aunque conservando las características a prueba de futuro, con las consiguientes ventajas económicas.

IV.6.3 Funciones de acceso

El System T apoya una larga serie de accesos.

- red telefónica pública conmutada RTPC, llamadas desde teléfonos con disco o con botones
- ISDN (Red digital de servicios integrados)
- PSPDN (Red pública de datos con conmutación de paquetes) para terminales X.25, X.32, X.28, VT52/VT100, y para acceso a X.400
- CSPDN (Red pública de datos con conmutación de circuitos)
- líneas arrendadas para acceso de videotex, servicios de oficinas, llamadas desde buzones de voz.

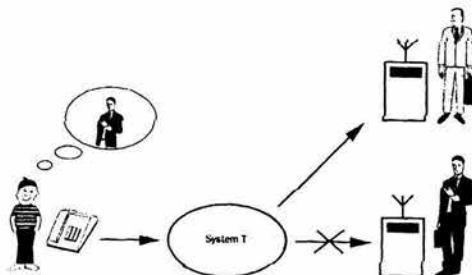


Representación lógica de los accesos apoyados por el System T

La estructura modular del sistema permite desarrollar fácilmente otros protocolos específicos de clientes.

IV.6.4 Servicios

En su versión actual, el System T ofrece cuatro servicios básicos y un gran número de servicios adicionales. La mayor parte de estos servicios es también asequible en relación con otros protocolos.



Los cuatro servicios básicos son:

- búsqueda con sólo tonos
- búsqueda con números
- búsqueda alfanumérica
- búsqueda transparente de datos.

Se ofrecen además los siguientes servicios adicionales:

- desplazamiento
- diversión de tráfico
- elección de destino
- repetición
- almacenamiento y recuperación de mensajes
- servicios de oficina
- prioridad nivel 1, 2 y 3
- grupo cerrado de usuarios
- llamadas de grupo a abonado móvil con código individual de identidad de radio (RIC)
- llamadas de grupo a abonado móvil con código RIC común
- llamadas a varias direcciones a abonados móviles
- indicación del grupo llamado
- programación remota de código RIC
- aceptación de cobro revertido
- bloqueo temporal de tráfico entrante
- restricción en todas las llamadas
- indicación de mensaje urgente
- entrega diferida
- textos estándar definidos por el operador de red
- textos estándar definidos por el abonado móvil o fijo
- mensaje de instrucción en otro idioma
- mensajes definidos por el cliente
- código de legitimación
- autenticación con contraseña

IV.6.5 Operación y mantenimiento

Se ha dedicado particular atención a las funciones de operación y mantenimiento del System T a fin de conseguir un alto grado de fiabilidad y facilidad de uso.

La comunicación hombre - máquina está controlada desde terminales conectados al sistema y desde un centro de red. La interfaz de operador a los terminales conectados al System T es una versión de X Windows con interfaz gráfica de usuario, GUI (Graphical User Interface). OSF/Motif provee la guía de estilos.

Desde estos terminales, el operador puede adoptar todas las medidas necesarias en operación normal; por ejemplo administración de abonados y de sus servicios, zonas de búsqueda y zonas geográficas, definición de nuevas estaciones base, iniciación de estadísticas, etc. El System T incluye un amplio paquete para estadísticas. Pueden presentarse informes en cinta magnética, en una impresora o en una pantalla. Las estadísticas pueden presentarse en forma tabular, o como columnas o círculos. El operador puede también elegir su propia presentación de los informes ya que los datos están almacenados en formato SQL (Structured Query Language).

El System T tiene incorporada una serie de funciones de supervisión para poder detectar, diagnosticar y aislar fallos en forma rápida y eficiente:

- supervisión de ordenador principal
- supervisión de la red de selectores para radiobúsqueda
- supervisión de perturbaciones
- supervisión de grado de ocupación
- supervisión de ambiente
- supervisión de red de distribución
- supervisión de estaciones base.

Las funciones de supervisión de grado de ocupación detectan rápidamente cualquier sobrecarga en enlaces; la supervisión de ambiente permite conectar alarmas externas, por ejemplo de incendio o de temperatura. Las funciones de operación y mantenimiento incluyen las de arranque de ordenadores y procesos, automático o manual. Se proveen también funciones automáticas y manuales para hacer archivos de protección.

Al ocurrir un fallo el sistema da una alarma acústica o en forma de impresión. Hay diferentes clases de alarma, de acuerdo con la gravedad del fallo. Las alarmas activas se guardan en una lista, mientras que las alarmas que han cesado por haberse corregido se guardan en un registro durante un cierto tiempo; esto se hace para poder estudiar como medida preventiva las causas de fallos y de sucesos extraordinarios. Es posible llevar a cabo seguimiento de llamadas y pruebas en bucle a fines de detección de errores y medidas correctivas en protocolos, líneas y módems.

IV.6.6 Comunicación con centros de red

Tal como se hace en todas las redes de telecomunicaciones, puede iniciarse desde un centro de red cualquier acción necesaria en operación normal. A este fin, el System T apoya diferentes protocolos para comunicación con dichos centros: el RCIP propio de Ericsson y prontamente el TMOS con sus funciones TMN, así como otros protocolos tales como FTP y FIAM.

El RCIP (remote control information protocol) es un conjunto de protocolos desarrollados en Ericsson para comunicación con centros de red; incluye el protocolo SHP (Subscriber Handling Protocol) para transferir alarmas al centro de red de la empresa operadora, y TTP (Toil Ticketing Protocol) para transferir datos de facturación.

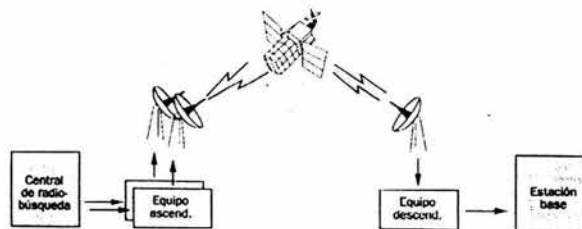
IV.6.7 Red de distribución

El objeto de la red de distribución es enlazar la central de radiobúsqueda con las estaciones base. El System T permite una serie de modos de distribución. En redes pequeñas se usan líneas arrendadas (una por cada estación base); otros dos modos son la distribución por satélites y la distribución por una red terrestre con derivación múltiple. El sistema puede también adaptarse fácilmente a una red de distribución provista por el operador.

Al ser el modo recomendado, solamente tratamos a continuación de la distribución por satélite.

• DISTRIBUCIÓN POR SATÉLITE

La distribución por satélite es un modo económico de distribución en redes punto - multipunto. La cantidad de hardware es menor que en redes terrestres, lo que reduce naturalmente los costos de mantenimiento. El grado de fiabilidad es además muy alto. La información para operación y mantenimiento se transfiere desde la estación base, por un canal de retorno, ya sea por la red pública RTPC o por el enlace bidireccional por satélite.



La figura muestra un subsistema para distribución por satélite desarrollado por la compañía Ericsson Componedex Ltd de la Gran Bretaña.

Equipo en el lado de emisión

El lado de emisión está dotado con equipo para control y supervisión, instalado en la central RPS, y equipo de enlace ascendente instalado en la estación de comunicación al satélite.

El objeto de este equipo es multiplexar un cierto número de canales de búsqueda en una señal en la banda de GHz y transmitirla al satélite.

El equipo del lado de emisión puede estar duplicado de acuerdo con el principio de "reserva en caliente".

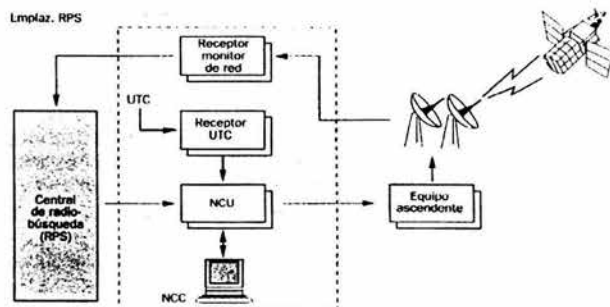
Equipo de control y supervisión

El equipo de control y supervisión recibe el flujo de datos desde uno de normalmente dos ordenadores de comunicación CC.

El flujo de datos se multiplexa a un canal de datos de 64 ó 128 kbps y se envía al equipo de enlace ascendente.

Se incluyen las siguientes unidades:

- La unidad de control de red, NCU (Network Control Unit), que es la parte central, ejecuta la multiplexación; incluye un controlador y un máximo de seis tarjetas IOP, cada una de las cuales puede recibir dos flujos de datos ERMES o cuatro flujos POCSAG



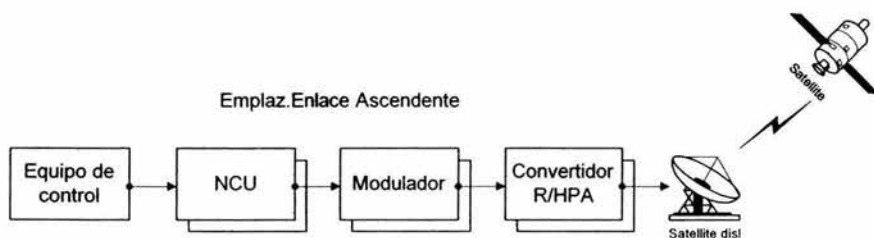
- El receptor de tiempo universal coordinado, UTC (Universal Time Coordinated) que recibe el tiempo estándar UTC desde el sistema global de posicionamiento GPS, de un transmisor de onda larga (DCF 77) o de un reloj atómico
- El receptor monitor de red que recibe información sobre estados y alarmas desde la estación al satélite
- La consola de control de red, NCC (Network Control Console). Es un ordenador PC desde el que puede controlarse el equipo al satélite recibe alarmas e información sobre estados que se pasan a la central de radiobúsqueda RPS. Esta consola puede también estar duplicada.

Equipo de enlace ascendente

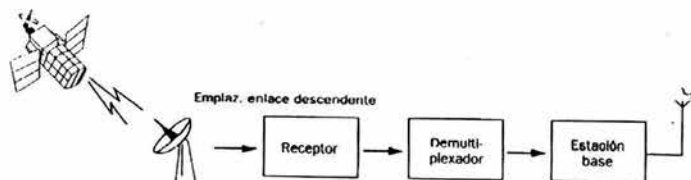
El equipo de enlace ascendente va instalado junto con la estación al satélite; su misión es convertir el flujo de datos procedente del equipo de control y supervisión en una señal que se transmite al satélite.

Este equipo comprende las siguientes unidades:

- El controlador de enlace ascendente, UHC (Uplink Hub Controller); entre otras cosas decide cuál de las unidades duplicadas ha de ser activa. Este controlador está a su vez controlado por la consola NCC.
- Un modulador en el que la señal de 64/128 kbps modula una portadora de 70 MHz con interrupción por desfase diferencial (DPSK) y regula la frecuencia y el nivel de la señal
- El convertidor/amplificador de alta potencia (UPCON/HPA) que convierte la señal de 70 MHz en una señal en la banda de 14 GHz y la amplifica
- La antena al satélite, un disco de 2,4 m de diámetro. Además de transmitir, recibe del satélite información sobre estados.



Equipo de enlace descendente

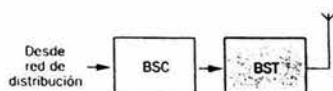


En cada estación base hay un equipo de enlace descendente que comprende:

- Una antena de disco de 90 cm de diámetro.
- El convertidor de bajo ruido (LNB) montado en el foco del disco, que convierte la señal a una frecuencia menor y la pasa al receptor.
- El receptor que reconvierte la señal de 64 kbps multiplexada al estado en que fue transmitida por la unidad (NCU) de comunicación con la red.

- El demultiplexador que extrae los datos y comandos de control de entre el flujo de datos.

Estaciones Base



Estación base con sus dos bloques de funciones

Una estación base en el System T consiste en dos bloques de funciones: el controlador de estación, BSC, y el transmisor de estación base, BST.

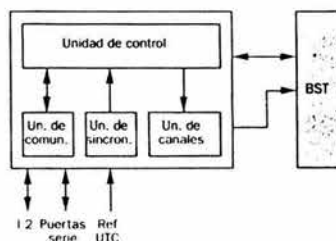
El controlador BSC recibe mensajes de la red de distribución, prepara el mensaje que ha de emitirse, espera hasta el momento oportuno y envía el mensaje al transmisor BST.

El transmisor BST modula la señal digital, la amplifica y la envía a la antena.

Controlador de estación base

El controlador BSC está formado por las siguientes unidades funcionales:

- unidad de control
- unidad de comunicación
- unidad de sincronización
- unidad de canal



La unidad de control es la parte central del controlador BSC. Después de recibir un mensaje (en el caso de ERMES después de haber generado también una suma de comprobación y de haber llevado a cabo el entrelazado) almacena el mensaje y al llegar el momento preciso lo envía a la unidad de canal. Esta misma unidad recolecta también información sobre estados y alarmas que han de enviarse a la central RPS.

La unidad de comunicación se encarga de la comunicación con la central RPS a través del canal de datos y a través del canal de retorno, en el que se transfieren los datos de operación y mantenimiento. Cuando se emplea la red pública conmutada RTPC para informar sobre fallos, el canal de retorno está conectado a un módem V.22 que apoya la corrección de errores de acuerdo con V.42bis y compresión de datos. Hay también una entrada V.24 que permite conectar un ordenador PC portátil para operación y mantenimiento. Esto permite controlar y leer registradores localmente en la estación base por ejemplo al instalar el equipo.

Para garantizar una buena recepción las estaciones base deben operar en modo simulcast por lo que deben estar sincronizadas. La unidad de sincronización genera pulsos ad-hoc de alta precisión para la unidad de control. Para garantizar una precisión suficientemente alta se usa una fuente externa para información de reloj. Esta fuente es, o un receptor de sistema global de posicionamiento (GPS) en la estación base, o el receptor UTC del equipo de distribución por satélite. En este último caso la información de reloj se distribuye junto con los datos de radiobúsqueda.

La sincronización de las estaciones base del System T es muy robusta. La forma en que se ha dispuesto significa también que se han evitado todas las desventajas; por ejemplo, las acostumbradas en sincronización de radio en que la transmisión debe interrumpirse varias veces por hora para sincronizar la red. Además, el método elegido para el System T, la sincronización GPS, implica cubrimiento global; libertad para elegir el modo más apropiado de distribución de mensajes y una precisión hasta de un microsegundo.

Con el fin de salvar interrupciones en la fuente externa de frecuencia reloj se provee también en la unidad de sincronización un oscilador reloj con gran estabilidad.

La unidad de canal almacena los mensajes recibidos y los envía al transmisor de estación base BST, en el instante preciso, por orden de la unidad de control.

Transmisor de estación base



En el System T se disponen estaciones base con diferentes tipos de transmisor con un controlador BSC autónomo, y estaciones base con un transmisor COMPACT 9000. En este último caso el controlador BSC puede incorporarse en el mismo armario del transmisor.

Se puede citar como ejemplo: en estaciones base con un controlador BSC autónomo, éste puede controlar cuatro transmisores BST, dos transmisores ERMES y dos POCSAG. La interface entre el controlador BSC y el transmisor BST es una interfaz 120 estandarizado. Esta interface permite conectar transmisores BST de diferentes fabricantes.

Transmisor de estación base COMPACT 9000

El transmisor BST COMPACT 9000 consiste en:

- unidad de presentación y teclado
- unidad de control de radio
- excitador
- amplificador de potencia

La unidad de presentación y teclado, montado en el panel frontal dotada con diodos LED se emplea para el control local del transmisor. En la pantalla puede leerse información sobre estados y diferentes parámetros de sistema. Los diodos luminiscentes indican "tensión conectada", alarmas, y si el transmisor está funcionando. El teclado puede emplearse para registrar direcciones, números telefónicos para el canal de retorno, demoras, etc.

La unidad de control de radio controla y supervisa el transmisor por medio de la unidad de presentación y teclado o, normalmente desde el controlador de estación base BSC. Los datos de búsqueda y la información de sincronización se envían a través de la unidad de control de radio al excitador. El excitador convierte la señal digital procedente del controlador en una señal de radio modulada.

En transmisión de alta velocidad, el formato es modulación de amplitud de pulsos a cuatro niveles, con modulación de frecuencia, 4-PAM-FM, que se basa en el "llaveado", por desviación de frecuencia FSK a cuatro niveles. En el caso tradicional de POCSAG el formato es FSK a dos niveles.

El amplificador de potencia recibe la señal del excitador y la amplifica a una señal de entre 20 y 200W, que a continuación se envía a la conexión de antena a través de un aislador, un doble acoplador direccional y un filtro paso bajo.

COMPACT 9000 está diseñado para alojar el controlador de estación base en la caja del transmisor. El DBSC-I (Demultiplexer Base Station Controller - Integrated) tiene sus componentes montados en una tarjeta que aloja también el demultiplexor. El controlador puede controlar dos

transmisores y estar montado ya sea en la caja BST o formar una unidad separada (de un módulo de ancho, 1U). Este controlador no tiene unidad de teclado, por lo cual se usa el teclado del transmisor BST. La interface entre DBSC-I y BST es un 120 extendido, 120E.

Como su denominación da a entender, el transmisor COMPACT 9000 tiene una estructura compacta. Ocupa tres módulos de ancho (3U) en un armario estándar de 19".

COMPACT 9000 cubre la banda de frecuencias 138-174 MHz (por ejemplo la banda de frecuencias de ERMES es 169.425-169.8 MHz). La potencia de salida puede ser hasta 200 W en operación continua. Puede conectarse un transmisor redundante para funcionamiento sin interrupción.

Software de estación base

El software empleado en las estaciones base consiste en programas de tráfico que reciben mensajes de la red de distribución, los ponen en formato de paquetes y los transmiten; incluye también programas de operación y mantenimiento.

Las funciones de operación y mantenimiento leen la información sobre estados y cambian parámetros por orden de la central de radiobúsqueda RPS y envían alarmas al mismo.

Una función práctica es la que permite recargar el software de estación base desde la central de radiobúsqueda RPS. Esto puede hacerse mientras el sistema está en operación plena.

Armario de estación base

Los componentes de construcción mecánica de la estación base son un armario de 19" y una antena parabólica, si se practica la distribución por satélite.

El armario aloja la fuente de alimentación, el controlador de estación base BSC, el transmisor BST, demultiplexor, receptor de satélite, módem para el canal de retorno y en caso necesario un combinador.

Se incluye también una antena para el sistema de posición global GPS si se practica la sincronización con dicho sistema.

IV.7 FUNCIONAMIENTO DE LOS RADIOLOCALIZADORES

Las especificaciones aquí mencionadas corresponden al modelo de radiolocalizador Uniden Alpha 9000. Se reconocen tanto la parte lógica como la física del receptor en general.

• Partes

Para tener la activación de un receptor es necesario reconocer los parámetros de identificación de cada unidad, así como el lugar donde se guardan y sus formatos.

CAPCODES

Los capcodes son los números de codificación de los radiolocalizadores por los cuales se activan las funciones de operación del radiolocalizador ON y OFF.

Los rangos autorizados de codificación de los radiolocalizadores (CAPCODES) van desde 0000008 a 2097151, el uso de códigos desde 0000000 a 0000007 son prohibidos por convención entre las empresas que instalan este tipo de sistema de transmisión de datos.

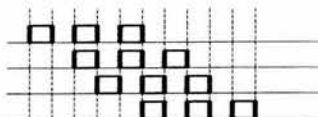
Los "CAPCODES ESPECIALES" son las señales que habilitan o inhabilitan al radiolocalizador, de los modos de recepción (Off) y de sincronía (on) o de recibiendo, en el caso de la señal de Off, a los dos segundos de ejecutada dicha función el usuario se encuentra en posición de recibir otro mensaje.

Esta información, o sea los números de los códigos son transmitidos por medio de señales de radio, por lo que trabajan en un limitado ancho de banda y los códigos de activación de los radiolocalizadores (entrada en sincronía, para radiolocalizadores de una misma serie) no deberán ser de tal forma que causen interferencia con otros sistemas de radiocomunicación.

TIEMPOS EN LOS TONOS DE MENSAJE.

La siguiente figura muestra el diagrama de tiempos de señales de una función a otra:
TONOS DE MENSAJE

LLAMADA URGENTE
DIRECCIÓN A
DIRECCIÓN B
DIRECCIÓN C
DIRECCIÓN D



MEMORIA

Los radiolocalizadores poseen internamente dos sistemas de memoria integrados EEPROM, uno que es usado para grabar en ellos los códigos (CAPCODES) de activación, así como los de desactivación de los radiolocalizadores.

El otro sistema de memoria EEPROM es utilizado para guardar la información tanto de las funciones de operación así como de la información que en cada modo haya sido almacenada.

Para grabar información en la memoria EEPROM 1C204 (los capcodes) se requiere que se posea una interface de programación que nos conecte con la memoria que permita tener comunicación con ella desde una computadora por medio de un software especial para poder grabarle los códigos de sincronización y de acceso, así como los de activación y los de desactivación del radiolocalizador.

En el caso de la información común y rutinaria que se carga en el radiolocalizador con el uso (mensajes, horarios, alarmas etc.) solo se deben seguir los pasos que se indicarán en forma de manual de usuario.

RETENCIÓN DE MEMORIA.

Cuando por alguna razón es desconectada la batería (Tipo AAA) del radiolocalizador, éste tiene la capacidad de mantener en la memoria la información de mensajes y horarios que el usuario haya cargado durante aproximadamente dos minutos, que es el tiempo que dura la batería auxiliar del radiolocalizador; cuando éste es nuevamente alimentado con la batería AAA, la batería auxiliar se recarga inmediatamente.

• Test Mode

En esta función la circuitería de radiofrecuencia se encuentra activada y puede ser reajustada y no puede recibir mensajes. Para realizar esta función en el radiolocalizador se deben seguir los pasos:

- 1) Colocar el radiolocalizador en off.
- 2) Colocar en posición de espera las teclas de retirar e introducir.
- 3) Encender la unidad para introducir los cambios de la información, la pantalla anunciará entonces MODE TEST.
- 4) Reajustar las llaves de retirar e introducir y presionar la llave SIDE que desplegará el número de serie del radiolocalizador.
- 5) Presionar nuevamente la llave SIDE hasta que nos indique con un tintineo que podemos realizar ya los cambios de la memoria, los cuales pueden ser:
 - Número de serie
 - Capcodes
 - La velocidad en la transmisión de la información así como el modo de recibirlos, normal o invertidos.
 - Cambiar el orden en que se desplegarán en la pantalla cada uno de sus segmentos, esta operación toma pocos segundos y puede ser interrumpida si presionamos la tecla lateral.
 - Enfatiza el tono de timbrado o suaviza el tono de timbrado.
 - Timbre 1,2 y 3
 - Vibrador

IV.7.1 Descripción del circuito RADIOLOCALIZADOR UNIDEN ALP 9000

El radiolocalizador es un circuito de estado sólido, doble superheterodino, de modulación de frecuencia rotatoria FSK de recepción, de información digital desplegable en pantalla, controlado por un microprocesador CMOS alimentado por una batería de 1.5 volts y dividido internamente en dos tarjetas, una de radiofrecuencia y otra de control digital, tiene como principales componentes los siguientes elementos.

IV.7.1.1 TARJETA DE RADIOFRECUENCIA.

ANTENA. El lazo de la antena de plato metálico, presenta una degradación en su eficiencia ante la proximidad de cuerpos externos, como podría ser un cuerpo humano, por lo que para atenuar estos efectos en el diseño de la misma se usa un capacitor variable (trimmer) CT101 como acoplamiento, para eliminar estas influencias externas al sistema de unión entre la antena y la tarjeta de radiofrecuencia. Un diodo D101 provee la protección necesaria al amplificador de radiofrecuencia contra voltajes anormales.

AMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA. El amplificador de radiofrecuencia utilizado comúnmente en los radiolocalizadores es el Q101, este circuito provee el aislamiento y filtrado para la banda de la señal local de trabajo y la impedancia de salida del amplificador de radiofrecuencia es fijada. Los amplificadores Q101 y Q102 internamente son amplificadores en cascada que dan una ganancia de 20 dB.

FILTRO PASABANDA. El FT101 es un filtro que elimina las interferencias de las señales indeseables como las producidas por la cercanía de líneas de alto poder, como las líneas de transmisión de energía o las producidas por dínamos o motores eléctricos de gran potencia. Este filtro depura la señal a la que opera el radiolocalizador.

MEZCLADOR. El circuito Q103 opera como el primer mezclador de la señal local de radiofrecuencia de recepción de la antena, (21.4 MHz) que es la primera señal de frecuencia interna IF.

PRIMER MEZCLADOR LOCAL. Q104 opera como un multiplicador de frecuencia de dos tiempos. La salida del mezclador de frecuencia de dos tiempos es obtenida de un circuito resonante conectado en el colector de Q104. Q105, es un transistor doblador de frecuencia. La frecuencia generada por el cristal oscilatorio es multiplicada 6 veces. Esta salida es obtenida desde un circuito resonante conectado en el colector de Q105.

FILTRO DE CRISTAL. Q102 es un filtro de cristal, que es usado como filtro pasabanda para la banda de 21.4 MHz, este filtro rechaza en esta etapa las interferencias causadas por canales adyacentes y las frecuencias reflejadas

FRECUENCIA INTERMEDIA IF. Es una etapa que contiene en una circuitería el segundo oscilador local, un segundo mezclador, un amplificador de frecuencia interna, un detector de bajas frecuencias (filtro), un comparador y un regulador de voltaje.

SEGUNDO OSCILADOR LOCAL. Este oscilador es un oscilador Colpitts para proveer una frecuencia de 20.945 MHz y alimenta el circuito mezclador.

SEGUNDO MEZCLADOR. En esta área la primera señal del primer mezclador es mezclada con la señal del segundo oscilador. Para obtener una segunda señal IF de 455 kHz.

FILTRO DE 455 kHz. FT105 es un filtro de 455 kHz de tipo cerámico. Este filtro atenúa en al menos 45dB sobre cualquier frecuencia más allá de 45< kHz sobre su ancho de pasabanda. Combina esta señal con la del filtro de 21.4 MHz atenúa la señal en al menos 40 dB sobre cualquier frecuencia que vaya más allá de 25 kHz.

AMPLIFICADOR DE FRECUENCIA INTERNA. Esta estación amplifica la señal de frecuencia modulada recibida.

FILTRO PASABAJAS. Este es un filtro pasabajas del tipo Butterworth y trabaja en las tres etapas, tiene una frecuencia de trabajo de 1.51 kHz de corte con 18 dB por octava de atenuación, este filtro elimina ruidos.

DETECTOR. Esta etapa está constituida por un circuito cerámico resonador CD101, que es usado como cuadrador y detecta la información de la señal modulada en FM y nos da la señal o banda base NRZ.

IV.7.1.2 SECCIÓN DIGITAL

DECODIFICADOR. La señal NRZ recibida desde la sección de radiofrecuencia se dirige hacia el decodificador IC201 (UC-1766). Dentro del IC201, los datos son procesados con el sincronizador de la señal recibida, el decodificador efectúa la detección durante el procesamiento de la información, para la corrección de información los datos son seleccionados conforme van siendo requeridos por el rango de manejo de información (baud rate). La corrección de datos es realizada por los dos bits externos de los 31 bits de cada código de palabra, dependiendo el tipo de código BCH de cada NRZ. Cuando es recibida la señal de dirección el CPU se mantiene temporalmente en esta operación mientras los datos de mensaje recibidos son transferidos. Para esto el decodificador utiliza un reloj a 76.8 kHz. El decodificador también genera una señal de control de tiempo (BC/)QS para el circuito receptor.

CPU. El CPU está constituido por los siguientes componentes:

Memoria ROM para el almacenamiento del programa.

Memoria SRAM para procesamiento a distancia.

Un timer como generador de señal de reloj.

Un driver LSD para indicar los datos requeridos.

Una interface serial para la escritura de datos.

Un puerto para la entrada y salida de la información.

Cuando el radiolocalizador es encendido el CPU lee los datos almacenados en la memoria EEPROM para inicializar el decodificador. El CPU tiene dos tipos de reloj, uno para alta velocidad y otro para baja velocidad. En la modalidad de baja velocidad y en la modalidad de espera normal el CPU opera a una velocidad baja de 76.8 kHz. Para la recepción y la indicación del mensaje el reloj es cambiado a la modalidad de alta velocidad (de 3 MHz) para dar fin al proceso de datos.

Cuando la batería es removida el reloj se detiene y el CPU cae en la modalidad de almacenamiento en RAM, el reloj y el decodificador son desactivados. Cuando se aplica una señal de ruptura, desde el mensaje de origen en el decodificador el CPU almacena el mensaje en la memoria RAM, cuando se termina de recibir el mensaje el CPU activa la alarma, presionando la tecla correspondiente los datos almacenados en la memoria RAM son desplegados en la pantalla. El decodificador y el CPU se encuentran integrados en el IC201.

COMPARADOR. En el comparador la señal NRZ es conducida a través de un filtro pasabajas LPF y es procesada por un circuito comparador con un nivel de voltaje que la cuadra y convierte así esta señal analógica en información digital.

REGULADOR DE VOLTAJE. El ICQ105 es el regulador que provee el voltaje de comparación de 1.1 volts, para poder realizar la comparación.

FUENTE DE PODER. La batería que suministra directamente poder para la tarjeta de RF y convierte la corriente directa a niveles de operación es el IC201. El IC201 es un circuito que puede detectar bajos niveles de voltaje o altos niveles de voltaje y así emitir pulsos de reset para proteger el driver Q201, Q202, Q203.

DRIVER. Los drivers Q201, Q202 y Q203 son los controladores del zumbador, del motor del vibrador y de la luz del display.

EEPROM. El circuito IC204 es una memoria EEPROM usado en las ID, también llamados CAPCODE, los cuales son los códigos de activación y desactivación de los radiolocalizadores durante su operación.

MODELO 9000

ESPECIFICACIONES DE PRUEBA: 1200 baud-61 dBm 2400 baud-57 dBm

Podemos considerar que, en términos generales, la descripción del receptor presentada corresponde a cualquier tipo de receptor, con funciones adicionales u omitidas, con diferentes elementos y dispositivos correspondientes a las frecuencias asignadas, pero con las mismas funciones elementales de recepción de señales en forma numérica, alfanumérica o auditiva, de alarmas indicadoras, etc.

Estas especificaciones permiten conocer las etapas del receptor del sistema de radiolocalización para determinar cuales puntos se tomarán en cuenta para enviar señales en alguna aplicación diferente a la recepción de mensajes.

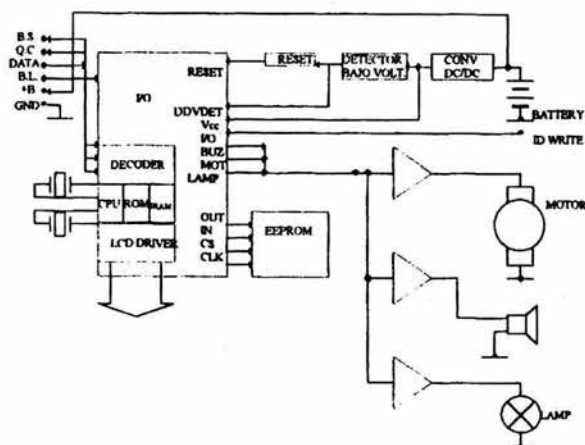
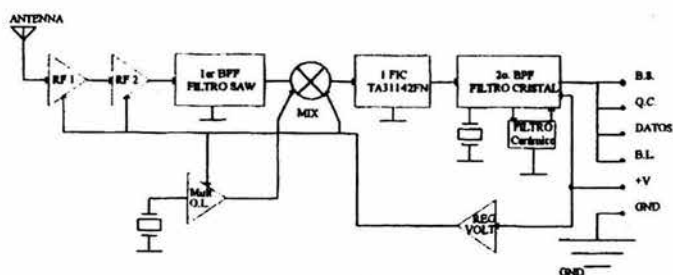


Diagrama de bloques del receptor

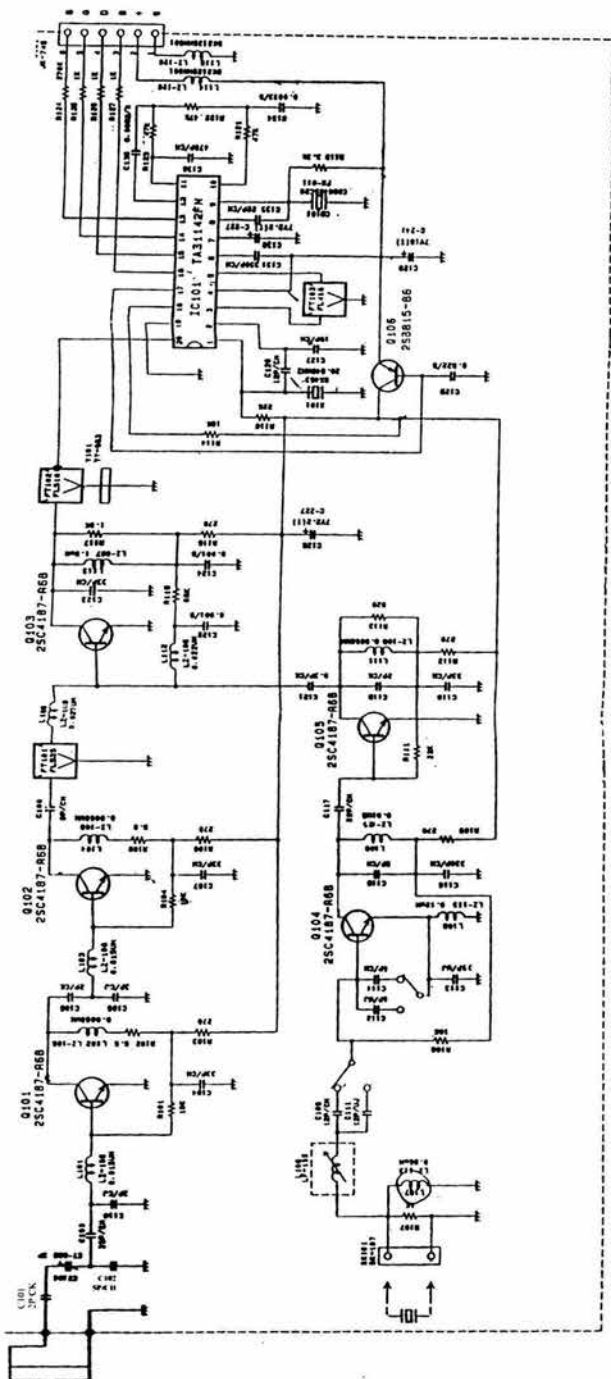
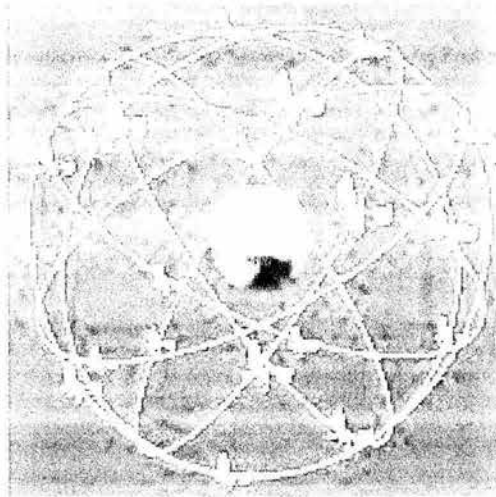


Diagrama de tarjeta de Radiofrecuencia

Capítulo 5

SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN (GPS)



V. SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN

Conocido también como GPS, es un sistema de navegación basado en un sistema de radio espacial. Consta de 24 satélites que proporcionan posiciones precisas en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas. Al no haber comunicación directa entre usuario y satélites, GPS puede dar servicio a un número ilimitado de usuarios.

V.1 CARACTERÍSTICAS

El sistema global de posición (GPS) está disponible en dos formas básicas: SPS, iniciales de Standard Positioning Service (servicio de posición oficial) y PPS, iniciales de Precise Positioning Service (servicio de posición preciso). SPS proporciona la posición horizontal exacta a los 100 m. La exactitud horizontal de PPS es a los 20 m. A los usuarios autorizados, generalmente militares de Estados Unidos y sus aliados, el PPS también proporciona mayor resistencia a la saturación e inmunidad a las señales engañosas.

Las técnicas de mejora como el GPS diferencial (DGPS) y el uso de frecuencia portadora permiten a los usuarios de DGPS alcanzar hasta 3 m de precisión horizontal. Los investigadores fueron los primeros en usar portadoras para calcular posiciones con una precisión de 1 cm. Todos los usuarios tienen a su disponibilidad SPS, DGPS y técnicas portadoras.

V.1.1 Funcionamiento del sistema global de posición

Los satélites GPS llevan relojes atómicos de alto grado de precisión. La información horaria se sitúa en los códigos de transmisión mediante los satélites, de forma que un receptor puede determinar en cada momento cuánto tiempo se transmite la señal. Esta señal contiene datos que el receptor utiliza para calcular la ubicación de los satélites y realizar los ajustes necesarios para precisar las posiciones. El receptor utiliza la diferencia de tiempo entre el tiempo de la recepción de la señal y el tiempo de transmisión para calcular la distancia hasta el satélite. El receptor tiene en cuenta los retrasos en la propagación de la señal debidos a la ionosfera y la troposfera. Con tres distancias a tres satélites y conociendo la ubicación del satélite desde donde se envió la señal, el receptor calcula su posición en tres dimensiones.

Sin embargo, para calcular directamente las distancias, el usuario debe tener un reloj atómico sincronizado con el sistema global de posición. Midiendo desde un satélite adicional se evita que el receptor necesite un reloj atómico. El receptor utiliza cuatro satélites para calcular la latitud, la longitud, la altitud y la información horaria.

V.2 INTRODUCCIÓN

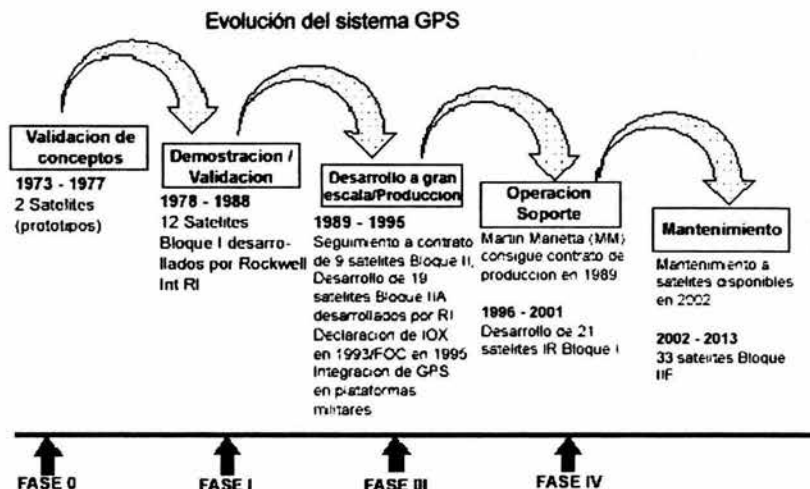
El sistema GPS (Global Positioning System) es un sistema de posicionamiento que permite, a través de 24 satélites en órbitas alrededor de la tierra, localizar mediante unas coordenadas únicas cualquier equipo radioreceptor terrestre.

Desde 1967 USA disponía de un sistema de navegación vía satélite utilizando el método Doppler, para su sistema de defensa. Pero la necesidad de trabajar en tiempo real obligó a buscar un nuevo sistema. Dirigido por el departamento de Defensa de Estados Unidos, el sistema global de posición NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranning) apareció en 1973 para reducir el aumento de problemas en la navegación. Al ser un sistema que supera las limitaciones de la mayoría de los sistemas de navegación existentes, GPS consiguió gran aceptación entre la mayoría de los usuarios. Desde los primeros satélites se ha probado con éxito en las aplicaciones de navegación habituales. El primer satélite fue puesto en órbita en 1978.

El sistema GPS está constituido por tres sectores fundamentales: el espacial, el de control y el de usuario.

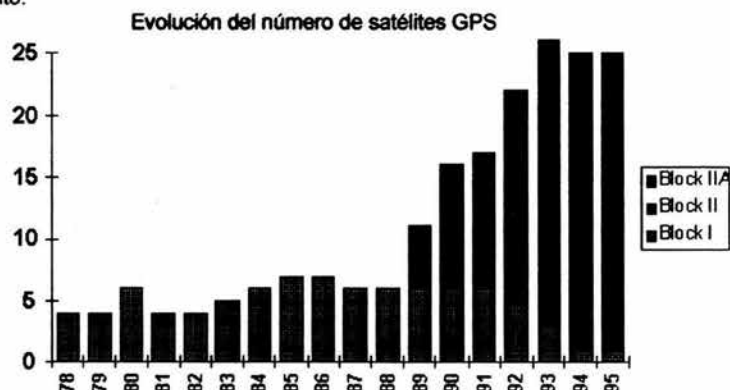
El sector espacial está constituido por la constelación de satélites NAVSTAR según una planificación con base en 3 generaciones de satélites (cabe remarcar que esta planificación inicial

se varió y realmente se han utilizado hasta el momento cuatro generaciones distintas de satélites). Los de la primera generación eran de prueba y fueron lanzados entre 1978 y 1985 y pretendían cubrir el máximo del territorio de Estados Unidos. La segunda generación fue lanzada tras la reanudación del programa espacial americano, interrumpido parcialmente por el accidente del Challenger, entre 1988 y 1991. Los nuevos lanzamientos se realizan para sustituir a los satélites que están fuera de servicio o averiados. El NAVSTAR y el GPS fueron terminados el 8 de Diciembre de 1993 cuando 24 satélites fueron operados de forma simultánea.



El sector de control está formado por cinco estaciones centrales de seguimiento que controlan los satélites. Todos los datos se envían a la central donde se procesan y se calculan las efemérides, los estados de los relojes y toda la información que luego se transmite y almacena en la memoria de cada satélite para su radiodifusión.

La precisión final alcanzable depende de las efemérides. La precisión nominal de estas efemérides, permite la determinación de la posición de un satélite con error menor de un metro en sentido radial, 7 metros a lo largo de la trayectoria y 3 metros transversalmente. El futuro del sector de control ha de evolucionar hacia redes independientes de tipo continental o mundial, sólo de seguimiento.



El sector de usuario comprende los instrumentos utilizados para hallar coordenadas de un punto, hacer navegación o adquirir tiempo con precisión de oscilador atómico, usando las señales radiodifundidas desde los satélites NAVSTAR. El equipo esencial está formado por antena y receptor unidos mediante un cable o directamente.

V.3 SISTEMA TRANSIT

Lo que en lenguaje geodésico se denomina genéricamente "sistema DOPPLER" realmente es el sistema NNSS (Navy Navigation Satellite System) que utilizan los satélites norteamericanos de la constelación TRANSIT sobre los que se realizan mediciones de desplazamiento Doppler. El bloque ex-soviético tiene un sistema equivalente llamado TSICADA.

Este sistema nació gracias a un diseño de la universidad John Hopkins para la US Navy en 1958 sirviendo de ayuda a la navegación de navíos y submarinos atómicos. Empezó a ser operacional para las fuerzas de la OTAN en 1964 y en 1967 se desclasificó para el uso del sector civil.

Debido a un accidente, se usan sólo paneles fotovoltaicos y acumuladores siendo desechado el uso de reactores nucleares. La constelación dispone de un mínimo de seis satélites activos a 1100 km de altitud y periodo de 107 min. Esto representa que una estación terrestre puede recibir señales de un satélite cada hora y tres cuartos durante 15 min.

En 1992 estaban en órbita trece satélites de los cuales 7 están en uso y el resto en reserva. Su seguimiento lo hace el NAV (grupo naval de astronáutica) que recibe datos orbitales por las observaciones de cuatro estaciones de control. Dos veces al día tras la recepción de datos transmite y almacena en la memoria de cada satélite las efemérides que a su vez son retransmitidas por éste cada dos minutos a los usuarios. También transmite señales de tiempo.

El sistema funciona midiendo desplazamiento o corrimiento Doppler que es la variación aparente en el valor de la frecuencia en función de la velocidad de acercamiento o alejamiento de la fuente emisora. La cuenta Doppler entre dos posiciones concretas del satélite permite calcular una diferencia de distancias entre ambas posiciones de satélite y receptor.

Con varias observaciones como ésta se sitúa la antena receptora con precisión bastante elevada. La situación de un punto aislado puede tener un error de orden decamétrico, pero si el posicionamiento se hace en dos puntos a la vez la situación de ambos tendrá errores métricos pero el posicionamiento relativo entre los dos receptores será de aproximadamente un metro. Esta técnica se llama translocación. Otros métodos mejoran la precisión.

Este sistema ha sido crucial para el desarrollo de la Geodesia mundial y aún no ha sido totalmente relevado por el sistema de posicionamiento global NAVSTAR. El sistema Doppler permitió una nueva y más precisa determinación de la forma de la Tierra.

V.4 SISTEMA SLR

El sistema SLR se basa en la medición de la distancia en función del tiempo de tránsito de un haz láser. Los satélites, pasivos, son simples esferas recubiertas de prismas de reflexión total. También hay satélites mixtos multifunción utilizables en este sistema.

El instrumento de estación consta de un potente láser pulsante, un reloj atómico, un contador, un fotodetector, la óptica necesaria, un ordenador y la infraestructura mecánica de estacionamiento y puntería.

Conocida la orientación y posición aproximada de la estación y de las efemérides del satélite a observar, el ordenador calcula sus coordenadas topocéntricas locales para el momento de la observación y apunta el sistema óptico que agrupa el láser emisor y el telescopio receptor que conduce el retorno hasta el fotodetector.

El láser produce un pulso que es enviado al satélite, a la vez que se empieza a contar tiempo con el reloj atómico. Al llegar el retorno se detiene la cuenta. En función del tiempo de tránsito y la velocidad de la luz, se calcula la distancia. Las precisiones, que eran métricas en la primera generación han pasado al nivel de algunos centímetros.

Las estaciones SLR son estacionarias y conforman una red mundial de 25 estaciones, una de las cuales está en el Real Observatorio de la Marina, en San Fernando (Cádiz). En EE.UU hay equipos móviles (MOBLAS) y portátiles (TLRS).

V.5 VLBI

La interferometría de base muy larga (VLBI) está plenamente en operación y constituye el más preciso de todos los sistemas de posicionamiento global. Este sistema permite medir el vector que une los centros radioeléctricos de dos radiotelescopios que podrían estar en la Tierra hasta diametralmente opuestos.

Todos los métodos de posicionamiento por satélite pretenden fijar la posición de uno o más puntos sobre la superficie terrestre observando satélites con efemérides disponibles o estrellas de la propia galaxia. Pero si aumentamos la precisión, estos puntos de referencia empiezan a mostrar indeterminaciones, por lo que se precisa un marco de referencia más lejano y estable, los cuasares (su posición es muy lejana y emiten con intensidades aparentes de hasta 100 veces superiores a la de una galaxia media).

Para la VLBI se usan la banda S (2 a 4 GHz) y la X (8 a 12 GHz). La técnica se practica con al menos dos radiotelescopios que se orientan hacia un cuasar concreto. La señal recibida es referida a un patrón atómico local y registrada digitalmente en soporte magnético. Ambos registros se correlacionan, pudiendo determinarse en cada momento el retardo entre la llegada del frente plano de la señal a un radiotelescopio y al otro. Este retardo permite establecer la componente del vector que une ambas estaciones, en dirección de llegada de la señal. Se hacen múltiples determinaciones a diferentes cuasares.

La técnica VLBI arranca en 1977 cuando el servicio nacional de geodesia de EE.UU, tras los trabajos del Instituto de Tecnología de Massachusetts y del centro Goddard para Vuelos Espaciales, estableció tres observatorios para medidas exclusivamente geodésicas.

La NASA y el observatorio naval de USA se unieron pronto al proyecto que se denominó polaris (POLar motion Analysis by Radio Interferometric Surveying). Desde 1984 la técnica se ha desarrollado y expandido por todo el mundo.

La VLBI tiene otra posibilidad de trabajo: la radiointerferometría entre elementos conectados (CERI) en la que se conectan ambos receptores trabajando en una base común de tiempos. Se han hecho trabajos en EE.UU y Gran Bretaña con conexiones por microondas. Estas técnicas permiten el establecimiento de una red mundial increíblemente precisa. Entre sus aplicaciones geofísicas cabe citar el control de derivas continentales a nivel centimétrico y la duración del día se establece con precisión de milisegundos.

V.6 EL SECTOR ESPACIAL

El **sector espacial** está constituido por la constelación de satélites NAVSTAR. Se han planificado cuatro generaciones de satélites:

- Bloque I

Los satélites del bloque I, experimental, aún parcialmente en servicio, fueron diseñados por Rockwell International. Estos satélites se hicieron para proporcionar de 3 a 4 días el servicio de posicionamiento sin contacto con el Segmento de Control del sistema. Estos satélites transmiten un código de configuración de 000. Fueron lanzados desde la base de Vandenburg en California entre los años 1978 y 1985 utilizando cohetes Atlas F. Estos satélites pesaban más de 400 kg. en el momento de la inserción en órbita de servicio y tenían paneles solares con 400 watts de potencia. De los diez satélites que lo componían, 4 llevaban oscilador de cuarzo, 3 con reloj atómico de rubidio y 3 con reloj atómico de cesio. Su vida media prevista de 5 años ha sido ampliamente sobrepasada en los que quedan actualmente en servicio.



- Bloque II

El bloque II es el primer bloque de satélites operativos desarrollados por Rockwell International y se identifican por estar comprendidos entre el 13 y el 21. Han sido diseñados para proporcionar 14 días de servicio de posicionamiento sin contacto con el Segmento de Control. Estos satélites transmiten un código de configuración de 001. La señal de navegación no proporciona una indicación directa acerca del tipo de satélite que transmite (bloque II, bloque IIA o bloque IIR). Para ponerlos en órbita se emplearon vehículos transbordadores espaciales del tipo Space Shuttle. Con este sistema se ponían en órbita tres satélites en cada viaje. El desastre del transbordador Challenger en Enero de 1986 retrasó el programa de lanzamientos del bloque II, cuyos satélites, empezados a fabricar en 1982, hubieran debido completar la constelación en 1990, lo cual no ocurrió. Debido a esto se empezaron a lanzar con el cohete MLV (*Medium Launch Vehicle*) Delta 2 de McDonnell Douglas, desde la base estadounidense de Cape Canaveral Air Force Station, en Florida, con intervalos entre lanzamientos de 60 a 90 días.

Los satélites de bloque II pesan unos 800 kg (más pesados aún los provistos de detectores de explosiones atómicas NUDET (NUclear DETection)). Llevan dos paneles solares de 7,2 metros cuadrados y 700 watts de potencia. Todos incorporan osciladores atómicos.

- Bloque IIA

El bloque IIA es una versión evolucionada del bloque II, desarrollado igualmente por Rockwell International. Los números de satélite de este bloque están comprendidos entre el 22 y el 40. Han sido diseñados para proporcionar 180 días de servicio de posicionamiento sin contacto con el Segmento de Control.

El 26 de noviembre de 1990 se lanzó el primer satélite del bloque IIA (cuyo número identificativo es el 22), prácticamente con las mismas características que los satélites del bloque II pero más pesado (930 kg.). Estos satélites incorporan mayor ayuda para la navegación, varias mejoras de producción y una superior vida útil. También se inauguró un nuevo tipo de cohete más potente para lanzarlo: el Delta 2 7925. Por desgracia, problemas en la orientación automática de sus paneles solares (orientables manualmente desde el control de Tierra) motivaron la suspensión de nuevos lanzamientos hasta mediados de 1991 y la revisión de los satélites de esta serie pendientes de lanzamiento. El problema fue una falta de lubricación en el sistema de orientación inercial.

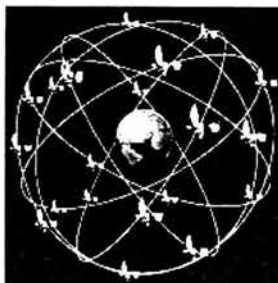
- Bloque IIR

Los satélites del bloque IIR sustituyen a los denominados en el proyecto inicial bloque III. El bloque IIR fue desarrollado por General Electric y vienen marcados con los números de satélite que se hallan comprendidos entre el 41 y el 66. Estos satélites proporcionan servicio de posicionamiento durante al menos 14 días sin contacto con el Segmento de Control si éstos operan en el modo propio del bloque IIA, y proporcionarán un mínimo de 180 días de servicio de posicionamiento sin contacto con el Segmento de Control cuando operan en el modo de navegación autónomo (*Autonav mode*)

V.7 CONSTELACION

La constelación propuesta originalmente consistía en tres planos orbitales, con ocho satélites por órbita; luego se redujeron a 6 por órbita (más tres de repuesto) por motivos presupuestarios y hasta hace poco, se proyectaba distribuir los 18 satélites de servicio mencionados, en 6 planos orbitales en lugar de los tres iniciales.

La constelación GPS consta de 6 órbitas, prácticamente circulares, con inclinación de 55 grados y uniformemente distribuidas en el plano del Ecuador. Hay 4 satélites por órbita,



uniformemente distribuidos y con altitud de 20180 km, lo que determina, en función de la tercera ley de Kepler y la masa de la Tierra, un período de 12 horas de tiempo sidéreo; es decir, que el satélite completa dos órbitas exactas de 360 grados de giro de la Tierra, por lo que la trayectoria terrestre del satélite (traza del vector geocéntrico del satélite sobre la superficie terrestre) se repite exactamente cada día sidéreo. Esto representa que la configuración local de la constelación se repite casi 4 minutos antes cada día solar, lo que representa casi media hora semanal o unas dos horas mensuales de adelanto.

El incremento de un satélite por órbita en el proyecto de la actual constelación elimina zonas de baja cobertura para navegación, existentes con la antigua constelación proyectada de 18 satélites. También hay otros satélites en órbita de aparcamiento, desactivados y disponibles como reserva (spares).

Cada órbita o plano orbital se identifica por una letra. Los planos orbitales son: A, B, C, D, E y F; cada posición del satélite en la órbita se identifica por un número. Las posibles posiciones de un satélite de servicio en una órbita son: 1, 2, 3 y 4.

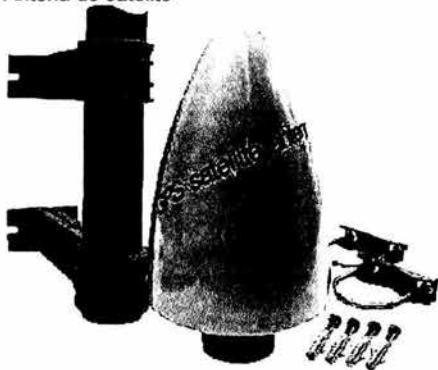
Con la constelación definitiva actualmente (o probablemente aún más nutrida) habrán en cualquier punto y momento entre 6 y 11 satélites observables, con geometría favorable. El tiempo máximo de observación de un satélite es de hasta 4 horas y cuarto, suponiendo que pase por el cenit y que sólo se observe en alturas de horizonte superiores a 15 grados.

V.8 SATÉLITES

Todos los satélites llevan paneles solares para recargar los acumuladores de níquel-cadmio de 105 Ah, que permiten el funcionamiento mientras el satélite pasa por la sombra de la Tierra (máximo de 1 hora diaria cada eclipse), lo que sucede durante algunos días, pero sólo en dos épocas al año. Pueden recibir y guardar información que les es enviada desde centros de control en Tierra y transmitir continuamente señales, en función de la información recibida.

Los satélites tienen una serie de antenas emisoras que funcionan en la banda L del espectro, que son las encargadas de enviar a la superficie terrestre las señales que se recibirán. También tienen otra antena emisora-receptora, operando en banda S, para intercambiar información con el centro de control en Tierra. Dentro del tema del control del movimiento del satélite, debemos mencionar el llamado *momentum dump*. Las antenas emisoras de los satélites son direccionales, esto es, deben apuntar a donde se desea enviar (o recibir) la emisión: la superficie terrestre. Como el satélite gira alrededor de la Tierra también debe girar alrededor de sí mismo según un eje perpendicular al plano orbital y a igual velocidad y en el mismo sentido en el que orbita.

Antena de satélite



Sistema de antenas de los satélites



El problema es aún más complejo, porque los paneles solares deben estar constantemente perpendiculares a la luz del Sol, lo que implica una rotación del satélite sobre el eje de emisión de las antenas, hasta que el eje de giro de los paneles (ortogonal con el anterior) sea perpendicular a los rayos solares incidentes, momento en el cual se giran los paneles normalmente al Sol.

Para controlar continuamente esta orientación triaxial, los satélites incorporan, en una unidad sellada, unos volantes de inercia llamados flywheels e impulsados por motores sincrónicos, cuyos ejes están dispuestos en tres direcciones mutuamente perpendiculares. Se puede aplicar cualquier momento de giro al satélite y corregir su orientación, acelerando o frenando los volantes de inercia, *momentum wheels*, mediante un elaborado sistema informático que actúa sobre la frecuencia de la corriente de alimentación de los motores. Debe considerarse que estos volantes de inercia actúan como giroscopios, por lo que cualquier cambio de orientación que se quiera imprimir al satélite genera, en los volantes cuyo eje no coincida con el giro deseado, una reacción parásita en forma de par de giro espontáneo, que deberá ser previsto y compensado automáticamente por el sistema informático. Cuando se alcanza el límite en el régimen de rotación en alguno de ellos, se activa un par de cohetes de maniobra, situados diametralmente opuestos en el mismo plano que el volante y orientados en sentidos contrarios, a la vez que se decelera el volante. Ambas acciones producen de forma antagónica el mismo efecto, aplicando pares de torsión que se anulan mutuamente, quedando el régimen de rotación del volante de inercia dentro de rango de manipulación.

La identificación de los satélites se puede hacer por varios sistemas:

Por el número NAVSTAR (SVN) que es el de orden de lanzamiento.

Por la órbita y la posición que ocupa en ella.

Por el número de catálogo NASA.

Por la identificación internacional constituida por el año de lanzamiento, el número de lanzamiento en el año y una letra según el tipo.

Por el número IRON (Integer Range Operation Number) que es un número aleatorio asignado por la Junta de Defensa Aérea Norteamericana NORAD de Estados Unidos y Canadá.

Pero fundamentalmente en la técnica GPS los satélites se identifican por su PRN o *ruido pseudoaleatorio* (Pseudo Random Noise), característico y exclusivo de cada satélite NAVSTAR en particular.

La vida útil de un satélite llega a término principalmente por:

- Envejecimiento o avería de los paneles solares.
- Falta de capacidad de los acumuladores.
- Averías no conmutables en los sistemas electrónicos.
- Agotamiento del combustible de maniobra y recuperación de órbita.

• Relojes u osciladores

Para la fuente de frecuencia, la terminología GPS adopta el término reloj ("clock") en lugar del más habitual oscilador ("oscillator").

Los relojes de los satélites del bloque I eran de menor fiabilidad que los actualmente empleados. Algunos tenían osciladores de cuarzo con precisiones de 10^{-10} . Actualmente se usan dos o cuatro osciladores atómicos por satélite (que pueden ser de rubidio, con precisiones de 10^{-12} , o de cesio, 10^{-13} , uno de los cuales es seleccionado desde la Estación Maestra de Control para dar servicio. En el bloque III probablemente se empleen osciladores atómicos de Hidrógeno, también conocidos como *máseres* de Hidrógeno, con precisiones de hasta 10^{-14} . La precisión de un oscilador, o más apropiadamente su estabilidad, se caracteriza en realidad por dos valores: short term stability (estabilidad en corto período) y long term stability (estabilidad en largo período), aunque habitualmente sólo se menciona el primero. Esto es lógico ya que es el único significativo en un experimento, medida u observación que dure minutos, horas o días. La deriva o long term puede ignorarse, dada su pequeñez, en el período mencionado.

El funcionamiento de un reloj atómico se basa en la transición entre niveles de energía de átomos concretos. La transición produce una oscilación de frecuencia muy precisa que se usa para controlar por realimentación un oscilador piezoeléctrico de cuarzo, cuya frecuencia es la realmente utilizada. También se debe reflexionar sobre qué representa la precisión de 10^{-10} de los cuarzos o

de 10^{-14} del Hidrógeno. 10^{-10} es lo que invierte la luz en recorrer 30 milímetros y esa precisión representa una variación de un segundo en 300 años; y el 10^{-14} representa respectivamente 3 milésimas de milímetro o un segundo en tres millones de años.

La estabilidad en corto período se mide sobre un segundo (u otro período si así se especifica) y representa la *dispersión* de los valores de frecuencia o anchura de banda. Si, por ejemplo, durante un segundo la frecuencia de un oscilador con frecuencia nominal 10 MHz. fluctúa 5 Hz. arriba y abajo, la anchura de banda o dispersión es de 10 Hz, la millonésima parte de la frecuencia, tendría una estabilidad *short term* de 10^{-6} . La estabilidad en largo período se mide sobre un año (u otro período si así se especifica) y realmente representa la *deriva* del oscilador. Si, por ejemplo, un oscilador tiene una frecuencia de 10 MHz y al cabo de un año tiene 10.0001 MHz, ha sufrido un incremento de 100 Hz, la cienmilésima parte del valor nominal de la frecuencia, tendría una estabilidad *long term* de 10^{-6} .

El reloj u oscilador de servicio de un satélite GPS proporciona una frecuencia fundamental de 10.23 MHz sobre la que se estructura todo el conjunto de la señal radiodifundida por el satélite.

• Tiempo

En técnicas de satélites es lógico usar una escala uniforme independiente de las variaciones rotacionales terrestres, dado que el movimiento de aquéllos no depende de éstas. Para ello el *US Naval Observatory* establece una escala de tiempo atómico, que se llama GPS Time, cuya unidad es el segundo atómico internacional. El origen de la escala GPS se ha fijado como coincidente con el UTC a las 0 horas del 6 de enero de 1980. Como en ese instante la diferencia entre el UTC y el TAI era de 19 segundos, el GPS Time es equivalente al TAI menos 19 segundos y así ha de mantenerse, dado que ambas escalas son atómicas y uniformes y, por tanto, paralelas.

TAI: (Tiempo Atómico Internacional) es una escala de tiempo continuo y constante. Su unidad es el segundo atómico, definido como unidad del vigente Sistema Internacional (SI). Su valor es el correspondiente a 9,192,631,770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos en el átomo de cesio 133.

UTC: (Universal Time Coordinate) es una escala de tiempo que se deduce directamente a partir de las observaciones estelares y considerando la diferencia entre día universal y sidéreo de 3 minutos 56.555 segundos. Esta medida (que es el UT0) es corregida de la componente rotacional inducida por el movimiento del polo (UT1) y por las variaciones periódicas y estacionales en la velocidad de rotación de la Tierra UT2. Finalmente el UTC prácticamente equivalente al UT2, al que se aproxima muchísimo mediante correcciones llamadas *segundos intercalares* ("leap second") que son sucesivos incrementos de 1 segundo motivados por la variación de la velocidad de rotación de la Tierra. Ello quiere decir que se hacen sucesivas correcciones discretas de estado sobre una marcha uniforme correspondiente al TAI.

La diferencia entre el GPS Time y el UTC, de cero segundos el 6 de enero de 1980, se ve modificada por los *leap second*, siendo su estado al comienzo de 1990 de más de siete segundos. Con esta base de tiempos, tan exacta y necesaria para posicionamiento, el sistema GPS tiene otra posibilidad que es la transmisión de tiempo instantáneo y con alta precisión: si la base de tiempos es atómica y de estado controlado y el retardo es calculable por ser obtenible la distancia satélite-receptor, el tiempo puede ser transferido con precisiones de hasta 100 ns.

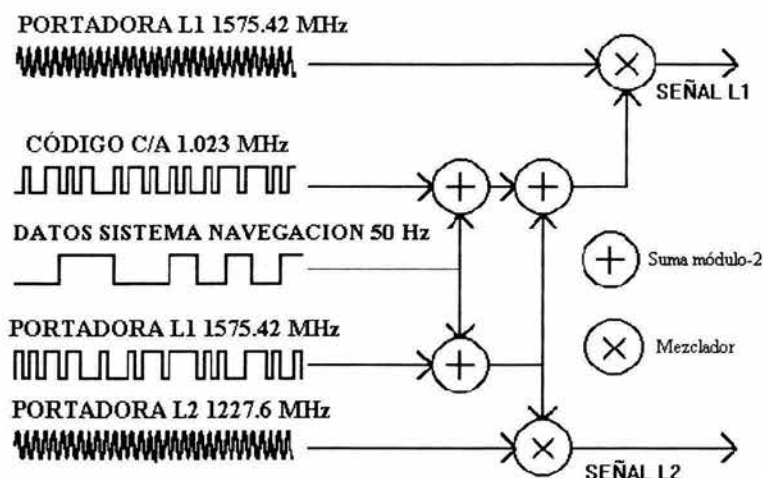
• Portadoras

El satélite emite sobre dos portadoras. Una es el resultado de multiplicar la fundamental (10.23 MHz.) por 154: 1575.42 MHz. que es llamada L1 (longitud de onda de 19.05 cm.). La otra usa un factor 120: 1227.60 MHz y se llama L2 (longitud de onda de 24.45 cm). La L es porque los valores usados están en la banda L de radiofrecuencia que abarca desde 1 GHz a 2 GHz. El hecho de usar dos frecuencias permite determinar, en caso necesario y por comparación de sus retardos diferentes, el retardo ionosférico (técnica ya utilizada en VLBI, TRANSIT y otros sistemas).

- Códigos

Sobre las portadoras L1 y L2, antes descritas, se envían por modulación dos códigos y un mensaje, cuya base también es la frecuencia fundamental 10.23 MHz. El primer código llamado C/A (*Course/Acquisition*) o S (*Standard*) es una moduladora usando la frecuencia fundamental dividida por 10, o sea 1.023 MHz. El segundo código, llamado P (*Precise*), modula directamente con la fundamental de 10.23 MHz. Finalmente el mensaje se envía modulando en la baja frecuencia de 50 Hz (factor 20460010^{-1} de la fundamental).

Portadoras y códigos del mensaje del satélite



SEÑALES DE SATÉLITE GPS

Los códigos sirven fundamentalmente para posicionamiento absoluto y son usados principalmente en navegación. El C/A ofrece precisiones nominales decimétricas y se usa para posicionamiento estándar SPS (*Standard Positioning Service*). El P ofrece precisiones nominales métricas y se usa en el posicionamiento preciso PPS (*Precise Positioning Service*). El mensaje aporta toda la información necesaria para los usuarios del sistema. Los códigos y el mensaje consisten en una secuencia, de determinada longitud, formada por dígitos binarios. Estos dígitos binarios también son denominados *chips*. Igualmente se expresa la longitud de los códigos en número de chips.

Los códigos son generados mediante un sistema llamado Tapped Feedback Shift Registers (TFSR) usando desarrollos polinómicos. Un Shift Register (SR) es un conjunto ordenado de bits cuya función es generar una secuencia continua de valores binarios. En nuestro caso se usan SR de 10 bits (que numeraremos del 1 al 10). Sucesivamente, a intervalos iguales de tiempo, el contenido de todos y cada uno de los bits es transferido al siguiente: el número 1 queda vacío en espera de información y el del número 10 sale de SR y pasa a ser el último dígito o chip de la secuencia generada, que, por tanto, depende de los valores que se vayan introduciendo en el bit número 1.

El TFSR es un SR en el que el valor que introducimos en el bit número 1 está determinado en función del contenido de uno o varios de los otros bits que componen el SR, entre cuyos contenidos se efectúa la operación lógica or exclusiva (XOR). El TFSR se realimenta a sí mismo (*feedback*).

En la generación del código C/A se emplean dos TFSR: el G1 y el G2. Veamos el funcionamiento de cada uno de estos registros:

G1: Se eligen los bits número 3 y 10 para determinar el valor 1 ó 0 que se va a introducir en el bit número 1 cada vez que queda vacío al producirse cada salto. Se comienza con todos los bits a 0, menos el primero en el que se introduce un 1. Entre los valores contenidos en los bits número 3 y 10 se efectúa la operación XOR cuyo resultado introducimos en el bit número 1 tras el siguiente salto. Una forma simple de expresar este funcionamiento es con un polinomio, como:

$$1+x^3+x^{10}.$$

El bit que sale a cada salto del bit número 10 se denomina *básico*.

G2: Al igual que el código G1 éste también se puede expresar como un polinomio:

$$1+x^2+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{10}.$$

El código G2 no aprovecha la secuencia que fluye del bit número 10, sino que hace una XOR entre dos bits concretos para hallar un dígito que denominaremos *típico*. Se hace una XOR entre el *básico* y el *típico*. El resultado que se va produciendo en cada salto se usa para formar la secuencia que constituye el código C/A, con 1,023 bits de longitud total.

Los satélites deben emplear diferentes códigos porque, al ser sus portadoras iguales, si no todos emitirían la misma señal y no se podría distinguir uno de otro. Para diferenciar el código correspondiente a cada satélite se elige una pareja de bits específica y única para generar el dígito *típico* obtenido del G2. Así se establecen 32 diferentes parejas que a su vez crean 32 diferentes posibles códigos C/A. Esta familia de códigos es conocida como Gold Codes y la adecuada elección de los dos bits que generan el *típico* permite que sean plenamente diferentes y tengan una muy baja correlación cruzada.

La generación del código P es similar, pero se emplean 4 TFSR el lugar de los dos usados para el C/A. Combinados dos a dos generan dos códigos intermedios, el X1 y el X2, de más de 15 megabits cada uno. El XOR de ambos códigos intermedios genera una secuencia concreta con 2.35×10^{14} bits de longitud total. La duración de este código, teniendo en cuenta su velocidad de transmisión de 10.23 MHz, es de alrededor de 267 días. Cada satélite usa un único y exclusivo segmento de 7 días de código y todavía sobra. A media noche de cada sábado (tiempo GPS) los registros comienzan en su estado inicial (*epoch*) y recomienzan el segmento. Si se quiere evitar el uso de este código se reinicializará a otro estado y el contador empezará en otro punto a lo largo de la secuencia de 267 días.

La gran diferencia entre el código S y el P es su longitud: el S es corto, sólo 1023 bits, lo que representa que con una frecuencia de transmisión de 1.023 MHz. se repite mil veces cada segundo; el P en cambio tiene una longitud de unos 2.35×10^{14} bits, lo que representa que, con una frecuencia de transmisión de 10.23 MHz. (diez veces superior a la anterior) tardaría en ser emitido nada menos que 266 días, 9 horas, 45 minutos y 55.5 segundos, o sea, unas 38 semanas si se emitiera completo. En el mensaje hay un dato, la palabra HOW que permite acceder a él al determinar en que parte se está emitiendo.

El código P puede ser cambiado por el código Y, resultante de combinar el P con un código secreto W. El código Y es equivalente en su utilización al P, pero al ser su desarrollo secreto, se impide a los usuarios no autorizados su uso; es decir, a los que no dispongan del código W. Esta técnica se llama *Anti Spoofing* (AS) y sólo se ha empleado hasta ahora en casos de emergencia militar durante breves períodos de prueba.

• Mensajes

El mensaje, modulado sobre ambas portadoras, tiene una duración de 12 minutos 30 segundos. Consta de 25 grupos (*frames*) de 1500 bits cada uno. A una velocidad de transmisión de 50 baudios cada grupo es transmitido en 30 segundos (como hay 25 grupos el mensaje total es transmitido en 12 minutos 30 segundos). Cada grupo de 1500 bits se subdivide en 5 celdas (*subframes*) de 300 bits cada una, que nuevamente se subdividen en palabras (*words*), de 30 bits de longitud. Dentro de cada grupo las celdas 1, 2 y 3 son invariantes; las 4 y 5 no. Como hay 25 grupos, tendremos 25 celdas número 4 y 25 celdas número 5, llamadas páginas (*pages*) y todas ellas diferentes.

Cada bit del mensaje se transmite durante 20 milisegundos; en este tiempo el código C/A se ha repetido 20 veces. La base de tiempos para la recepción del mensaje se obtiene de un contador/divisor de frecuencia de valor 20 en el C/A.

El contenido del mensaje es el siguiente:

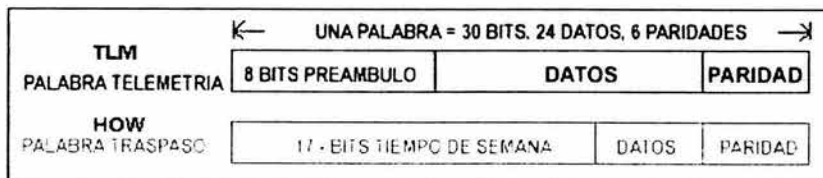
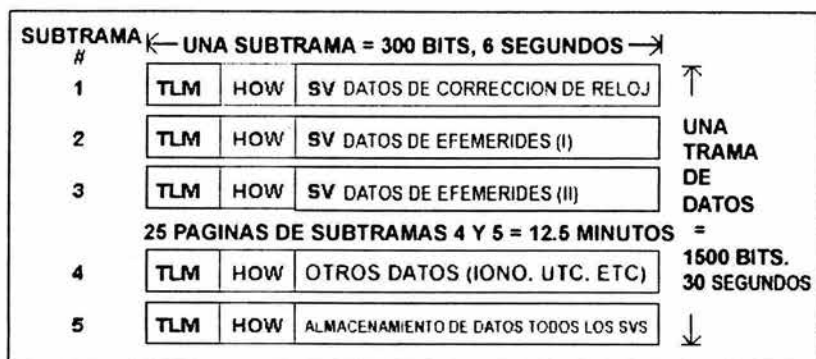
Celda 1: Contiene información sobre estado del reloj en GPS Time (los coeficientes polinómicos para convertir el tiempo de a bordo en tiempo GPS), condición del satélite (llamado salud, Health en términos GPS: puede estar sano o enfermo OK o Unhealthy), antigüedad de la información y otras indicaciones.

Celdas 2 y 3: Contienen las efemérides radiodifundidas que se usan para la obtención de resultados.

Celda 4: Sólo se usa en 10 de sus 25 páginas o repeticiones (una por grupo). Ofrece un modelo ionosférico para usuarios monofrecuencia, información UTC e indicaciones de si está activado en cada satélite el AS (*Anti Spoofing*) que transforma el código P en el secreto Y. De las 15 páginas restantes, 11 están reservadas, 3 son para repuestos y una para mensajes especiales. También contendrían el almanaque y estado de relojes de los satélites que superaran el número 24, de haberlos; podrían ser satélites de otra constelación que difundieran también señales GPS, como los INMARSAT, por citar un proyecto ya en curso, oseudolites.

Celda 5: Contiene el almanaque, que es una información expedita de las órbitas de todos los satélites (y que se usa para planificar observaciones) y estados de los primeros 25 satélites. En el comienzo de cada celda 5 hay 2 palabras especiales (de las 20 que componen la celda: la TLM y la HOW. La TLM (*TeLeMetry*), avisa cuando se está insertando en el satélite información o si sufre alguna manipulación. La HOW (*Hand Over Word*) da acceso al código P (o para usuarios autorizados al Y si está activado el AS).

Estructura y contenido del mensaje



ESTRUCTURA DEL MENSAJE

Como puede apreciarse, para minimizar el tiempo que necesita el receptor para obtener una posición inicial, las efemérides y el estado de los relojes se repiten cada 30 segundos; recordemos que están en las celdas (subframes) 1, 2 y 3 de cada grupo (frame).

• Modulación

La modulación de las portadoras con los códigos y el mensaje genera un ruido que aparentemente no sigue ninguna ley y parece aleatorio, pero como en realidad la secuencia está establecida mediante un desarrollo polinómico el ruido se llama pseudoaleatorio (*Pseudo Random Noise, PRN*) y puede correlacionarse con una réplica generada por el receptor en Tierra. Cada código tiene una configuración propia para cada satélite en particular y constituye el PRN característico con que éste es identificado. La transmisión se realiza utilizando técnicas de espectro ensanchado de ahí que todos los satélites transmitan con las mismas portadoras. El ancho de banda de la señal transmitida es de 20.46 MHz. La señal radiada por los satélites de la constelación GPS tiene polarización circular.

Sobre ambas portadoras se modula en código P y el mensaje. Sobre la L1 además se modula el código C/A. El sistema usado en GPS para modular los códigos binarios es la modulación binaria por cambio de fase o modulación binaria bifase (BPSK). Hay dos estados de onda, o code state, en la portadora:

El *normal*, que correspondería a un 0 binario o code chip 0 y sería el resultado de multiplicar por +1 la amplitud de la onda portadora, o sea, dejarla tal cual.

El *inverso, contrario o especular*, representando un 1 binario o code chip 1, multiplicando por -1 la amplitud, lo que equivale a un desfase de 180 grados.

Para poder distinguir la modulación correspondiente al código C/A del correspondiente al P (recordemos que se envían 10 chips o bits del P por cada uno del C/A), se desfasa 90 grados una modulación de la otra. En realidad una modula en función seno y la otra en coseno. La filosofía es que cuando hay un cambio a medio camino entre los previstos para el P, corresponde al C/A. Por supuesto ello sólo puede ocurrir cada 10 oportunidades de cambio del P. Si en ese momento no ha habido cambio, es que el C/A sigue transmitiendo el mismo valor. Durante la transmisión de un chip del mensaje se ha transmitido 20 veces el código C/A.

V.9 DISPONIBILIDAD

Cuando en 1973 nació el proyecto que culminó en el GPS, los organismos responsables pensaban que el posicionamiento preciso (PPS) ofrecería inéditas precisiones de 10 ó 20 metros en tiempo real. Fue una verdadera sorpresa, desagradable para los diseñadores, descubrir que la precisión esperada en el PPS se alcanzaba fácilmente con el posicionamiento estándar (SPS), destinado a los usuarios civiles, con receptores sencillos y baratos; el posicionamiento preciso PPS resultó ser casi un orden de magnitud mejor de lo esperado. Pero no querían que usuarios no autorizados dispusieran de un sistema de posicionamiento con precisiones mejores de 100 metros, por lo que tomaron la decisión de degradar la precisión obtenible con el SPS. Esta degradación se denominó *Selective Availability policy* o más genéricamente SA, traducible como *disponibilidad selectiva*.

La SA se activó por primera vez el 25 de marzo de 1990 y sin previo aviso, porque el sistema GPS no ha sido aún oficialmente declarado operativo y los usuarios civiles lo utilizan bajo su exclusiva responsabilidad y sin derecho alguno a reclamar. Cuando se activa el SA el sistema ofrece precisiones horizontales absolutas de 100 m durante el 95% del tiempo y no peores de 300 m el 99.9% del 5% remanente. Tengamos en cuenta que el SA se puede activar y desactivar sin previo aviso. Para llevar la SA a cabo se actúa sobre la información enviada en el mensaje correspondiente a estados de relojes y a parámetros orbitales. Remarquemos que ni estados ni órbitas se modifican, que lo único que se manipula es la información que los satélites de la constelación envían a los usuarios en su mensaje de navegación, por lo que los estados reales se mantienen.

Es obvio que los usuarios autorizados (fundamentalmente fuerzas militares estadounidenses y amigas) disponen del adecuado contraprocés (*decrypting key*) para recuperar la precisión original, eludiendo así la SA en posicionamiento absoluto, estándar o preciso. Para el resto de los usuarios la precisión obtenible en el posicionamiento absoluto usando en código C/A, o sea, posicionamiento estándar SPS, pasa de los entre 20 a 40 metros obtenibles en condiciones normales a 120 metros o más con la SA activada.

V.10 EL SECTOR DE CONTROL

Hay cinco estaciones oficiales de seguimiento de la constelación NAVSTAR: La estación central o maestra (*Consolidated Satellite Operation Center-CSOC* o *Master Control Center*) se encuentra en Colorado Springs, exactamente en la base Falcon de la U.S. Air Force. Las otras cuatro estaciones oficiales se denominan *monitor stations* y están situadas en:

La isla de Ascensión (Atlántico Sur).

La isla de Diego García (Océano Índico).

En Kwajalein (Pacífico Occidental).

En Hawaii (Pacífico Oriental).

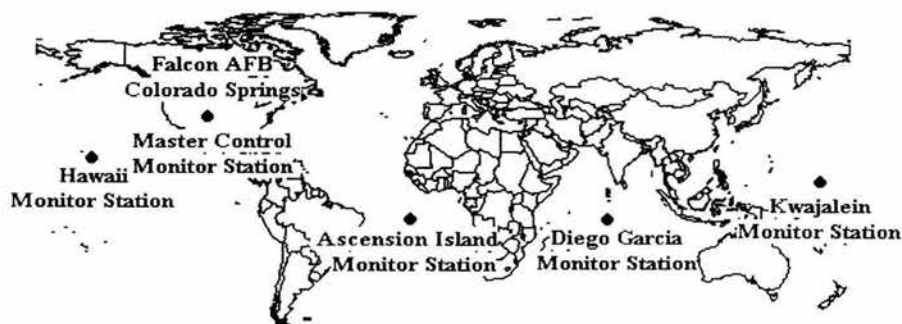
Además hay otra estación central de reserva en Sunnivale (California), concretamente en la Base Ozinuka de la U.S. Air Force.

La elección de la ubicación de las cinco estaciones oficiales de seguimiento no es casual, sino que se ha buscado que estén regularmente espaciadas en longitud. Además las estaciones tienen unas coordenadas muy precisas. Las estaciones reciben continuamente las señales de los satélites, que emiten en dos frecuencias, mientras estén sobre el horizonte, obteniendo la información necesaria para establecer la órbita de los satélites con alta precisión. Los datos obtenidos por las estaciones se envían al CSOC, donde son procesados para calcular las efemérides, los estados de los relojes y toda la información a transmitir a los satélites y que éstos almacenarán en su memoria.

La transmisión a los satélites de la información mencionada puede ser transmitida por las estaciones de Ascensión, Diego García y Kwajalein. Además estas estaciones tienen capacidad para enviar correcciones de reloj, comandos de telemetría y otros mensajes. Por motivos de seguridad esta transmisión se realiza tres veces al día. Sin embargo es función exclusiva de la CSOC la activación de los sistemas de maniobra de los satélites para hacer modificaciones orbitales.

Las efemérides que se emplean para los satélites GPS en cualquier otra parte que no sea una de las estaciones se basan en la extrapolación de las observaciones de las estaciones. Esta extrapolación de las efemérides produce una indeterminación residual mayor en el cálculo de la posición, ya que la precisión alcanzable depende de la exactitud de las efemérides de los satélites.

Situación de las estaciones en el sistema G.P.S.



Global Positioning System (GPS): Estaciones Monitoras y Estación de Control

Además de la red de estaciones antes comentada hay varios organismos que han creado su propia red de seguimiento, como es el caso de la NSWC (Naval Surface Weapons Center), el US National Geodesic Center y el US Geological Survey. También existe un servicio civil para GPS (CGPS) que provee de efemérides precisas.

Se piensa que el sector de control debe evolucionar hacia redes continentales (o mundiales) que se dediquen al seguimiento, junto al conjunto de estaciones ya existente. Una de las funciones más interesantes que se le pueden dar al sector de control es la navegación en tiempo real; para ello es necesario un enlace vía satélite que aporte información de forma continua.

V.11 EL SECTOR DE USUARIO

El sector de usuario está compuesto por todos los instrumentos que se emplean para el cálculo, mediante el empleo de las señales provenientes de los satélites NAVSTAR, de las coordenadas de un punto, adquirir el tiempo de oscilador atómico o para navegación. El equipo propio del sector de usuario está formado por un receptor y una antena.

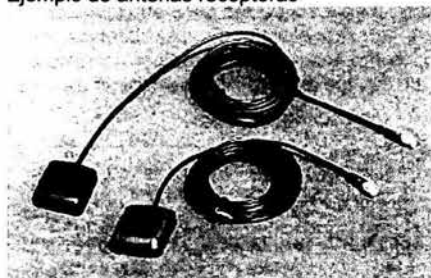
V.11.1 Antenas

La función de la antena del receptor GPS es la conversión de la señal radioeléctrica que recibe de los satélites de la constelación NAVSTAR a señal eléctrica. La corriente eléctrica inducida en nuestra antena por las señales radiadas recibidas, posee toda la información modulada sobre ellas. El receptor GPS realiza el posicionamiento del centro radioeléctrico de la antena, que no coincide normalmente con el centro físico del receptor, con lo que se producirá un leve error de posicionamiento. Los fabricantes de receptores especifican una posición adecuada de medición para el aparato, minimizándose el error cometido (*Antenna phase center ambiguity*).

Todas las antenas de los receptores evitan el efecto multipath de la reflexión en el suelo mediante la adición de un plano de tierra. Cuanto mayor sea el plano de tierra, mayor será la protección de la antena ante reflexiones indeseadas, consiguiéndose así unas medidas con mejor precisión.

La antena es de cobertura hemisférica omnidireccional, para poder captar con la misma sensibilidad las señales que provengan desde el cenit hasta el horizonte. Puede ser de muchas formas y materiales, dependiendo de las aplicaciones y del costo del receptor: monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip.

Ejemplo de antenas receptoras



En la parte inferior de la antena se conecta el cable a la salida de un preamplificador. Éste es necesario para evitar que la señal recibida se atenúe antes de llegar al receptor y no pueda ser leída. El preamplificador debe amplificar sólo las frecuencias que se desean recibir, mientras que el resto sufren la atenuación del cable sin haber sido amplificadas. El preamplificador se alimenta habitualmente con corriente procedente del receptor por el cable de la antena. Las especificaciones de potencia del preamplificador van a depender de la ubicación del receptor y de la antena. El cable y los circuitos del receptor introducen un retardo en la medición del tiempo. Este retardo se engloba dentro del estado del reloj.

Se han desarrollado antenas múltiples que asocian hasta cuatro antenas muy cercanas en el mismo plano de tierra, y que por similar técnica usada en el VLBI, permiten determinar inclinaciones y giros en tres ejes, además de las posibilidades normales del GPS, con lo que se tiene una absoluta información de la dinámica tridimensional de un móvil. Concretamente en un receptor de 24 canales se podrían distribuir 6 canales por antena en grupo de 4 antenas, 8 en grupo de 3, 12 canales en grupo de dos o los 24 en una antena. Con este sistema se mencionan resoluciones angulares del orden de tres minutos de arco.

V.11.2 Receptor

ETAPA RECEPTORA

En la antena se han de generar tantas señales como satélites por canal se estén recibiendo. Por ejemplo: un receptor de 12 canales bifrecuencia recibe 16 señales si sigue a 8 satélites, y podría admitir 24 señales si hubieran 12 satélites en seguimiento. Cada señal necesita un canal o dispositivo electrónico que la procese con independencia del resto, tras ser separada y aislada por el receptor.

Las señales GPS se transmiten empleando la técnica del *espectro ensanchado* que protege contra interferencias y es favorable a la transmisión. Así pues, la amplitud de la señal que llega a la antena es estable lo que ahorra la existencia de una etapa de control automático de ganancia (CAG).

El receptor GPS es del tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor. La mezcla de frecuencias se realiza con la ayuda de un oscilador local que genera una señal senoidal pura.

Diagrama de bloques de receptor

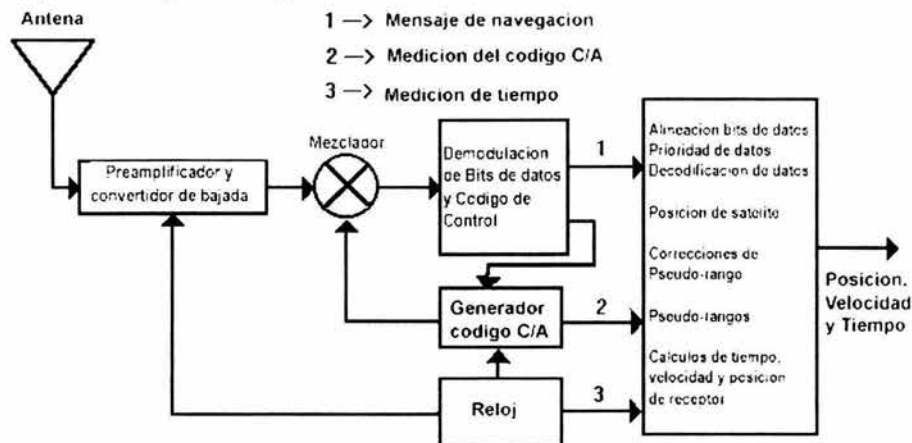


DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL RECEPTOR GPS

TÉCNICA DE ESPECTRO ENSANCHADO

En el receptor se genera una señal pseudoaleatoria idéntica a la generada previamente en el transmisor que se sincroniza con la señal ensanchadora de la señal recibida. Después se demodula la señal recibida con la réplica obtenida por el circuito de sincronismo del receptor, con lo que se obtiene la señal paso-banda desensanchada. Por último la señal paso-banda es demodulada tras obtener el sincronismo de portadora.

La demodulación tiene el efecto contrario al ensanchado; es decir que la señal resultante recupera su espectro original. Si se aplica la demodulación a una señal que no ha sido previamente ensanchada, el resultado es que esta señal es ensanchada. Así pues, si se aplica el ensanchado y el desensanchado a una misma señal se obtiene ella misma, pero si se aplica únicamente el desensanchado se obtiene un resultado similar al ensanchado.

Esta característica de la transmisión por *espectro ensanchado* proporciona una alta robustez frente a interferencias, puesto que toda señal que se añade a la deseada durante la transmisión sufrirá un

ensanchado de espectro en el receptor, quedando gran parte de su energía fuera de la banda de detección.

La operación de desensanchado sólo será posible si el receptor es capaz de generar la misma señal pseudoaleatoria que se empleó en la transmisión. Con esta garantía se pueden emplear los sistemas de *espectro ensanchado* para aplicaciones que necesiten inmunidad frente a escuchas externas.

CORRELACIÓN Y CUADRATURA

Desde el satélite se recibe una portadora modulada; la portadora sin modular puede emplearse para medir como evoluciona la distancia satélite-antena receptora mediante la técnica de correlación o cuadratura.

Para conseguir la correlación son necesarios dos circuitos: uno que seguirá al código y permitirá medir distancias (*pseudodistancias*) al satélite y disponer de la portadora sin modular, y otro circuito que seguirá a la portadora y que observará como aumentan o disminuyen los ciclos y las diferencias de fase entre satélite y receptor, lo que permite medir incrementos o decrementos en la distancia en función del tiempo (técnica de la medida de fase).

La cuadratura sólo permite observar la medida de fase. Se basa en elevar al cuadrado la amplitud instantánea de la señal recibida.

La modulación se hace en el satélite multiplicando por +1 y por -1 la amplitud. Al multiplicar por sí misma la amplitud instantánea de la portadora modulada la modulación desaparece, obteniéndose un armónico de la portadora, pero totalmente limpio de modulación, con el que pueden hacerse medidas de fase y cuenta de incrementos de ciclos.

Un problema del método de cuadratura es que como la señal es menor que el ruido, al elevar al cuadrado ambas, la relación señal/ruido empeora. La ventaja es que no es preciso conocer, generar y correlacionar los códigos en el receptor.

FORMAS DE RECIBIR LAS SEÑALES DE LOS SATÉLITES

En primer lugar se tiene la recepción continua de cada portadora proveniente de cada satélite, hasta el límite que sea capaz el receptor, con lo que hay tantos canales físicos (electrónicos) como señales se pueden recoger, o sea un canal por satélite.

Pero también se puede emplear un canal para seguir a todas las señales. Sólo se puede recibir una señal a la vez, pero va conmutando de una a la otra, tomando muestras a una velocidad mayor que la que tienen los cambios en las señales. Si el circuito de recogida repite cada 20 ms o menos, que es el tiempo que tarda en transmitirse cada bit del mensaje, el receptor podrá recomponer el mensaje de cada satélite. Los receptores que emplean seguimiento conmutado son denominados normalmente receptores de canal multiplexado.

Otra forma de recibir la señal de los satélites es mediante un único canal secuencial, éste recibe los cuatro satélites secuencialmente.

RELOJ U OSCILADOR

Se encarga de generar las frecuencias de referencia empleadas en el barrido de la señal de radiofrecuencia. Habitualmente está formado por osciladores de cuarzo de muy alta calidad y estabilidad que, en los receptores más evolucionados, permiten la conexión a una fuente de frecuencia exterior de mayor rango, como un reloj atómico, eliminándose la incógnita del estado del reloj propio y aumentando la redundancia de las observaciones.

FUNCIONES DE LOS RECEPTORES

Los receptores se encargan de tres funciones principales:

- a) **Satellite Manager**, que es la gestión de los datos que envía el satélite. En primer lugar el receptor está en modo **INIT** en el que se almacena el almanaque y el estado de los satélites en una memoria. Después pasa al modo **NAV** en el que almacena los datos necesarios para los cálculos.
- b) **Select Satellite**, que se encarga de encontrar los cuatro satélites con geometría óptima para la navegación, a partir de una lista de satélites visibles.

c) SV Position Velocity Acceleration, que calcula la posición y velocidad de los satélites empleados en la navegación.

INFORMACIÓN DEL RECEPTOR

El receptor, una vez en funcionamiento, ofrece información sobre el proceso de observación a través de la pantalla y siguiendo órdenes del teclado. Se suele disponer de la siguiente información:

Información de la versión del software interno.

Resultados de la comprobación interna inicial.

Tiempo transcurrido desde el encendido hasta la fijación de hora al recibir el primer satélite.

Satélites seleccionados manualmente para trabajar con ellos.

Satélites localizados.

Satélites en seguimiento.

Azimut de cada satélite en seguimiento.

Elevación de cada satélite en seguimiento.

Número de eventos seguidos registrados de cada satélite en seguimiento.

Intensidad de cada señal recibida (relación señal a ruido).

Condición de cada satélite en seguimiento.



Semana G.P.S., día de la semana y tiempo GMT, tras recibir el primer satélite.

Posición actual (longitud, latitud y altitud).

Dirección y velocidad de movimiento (en navegación).

Si se ha dado información del punto de destino: distancia al destino, desviaciones, etc.

Diferentes destinos fijados en la memoria.

Ruta, si se ha programado pasar sucesivamente por diferentes puntos.

Bondad de la geometría de observación.

Bondad de la medida que puede hacerse sobre cada satélite.

Antigüedad de la información ofrecida.

Progreso de la observación: satélites que se pierden y captan y número de observaciones.

Opción de observación elegida.

Registros meteorológicos introducidos.

Nombre del archivo que almacena las observaciones.

Estado de la fuente de alimentación.

Puertos de comunicación elegidos y protocolo de salida.



V.12 SISTEMAS DE MEDIDA

Se puede realizar la medición de distancias de tres formas diferentes: por cuenta Doppler, por pseudodistancias o por medida de diferencia de fases.

• Medición por cuenta Doppler

La cuenta Doppler se basa en la medición del desplazamiento o corrimiento Doppler que consiste en la variación aparente en el valor de la frecuencia en función de la velocidad de acercamiento o alejamiento de la fuente emisora.

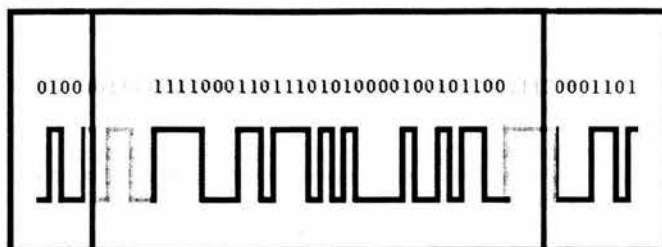
El receptor de la señal G.P.S. recibe durante un periodo la señal emitida por un satélite; esta señal se mezcla con la del oscilador local y se obtiene una señal diferencia. A partir de la variación de esta diferencia se puede establecer una cuenta denominada cuenta Doppler.

La cuenta Doppler entre dos posiciones concretas del satélite permite calcular una diferencia de distancias entre ambas posiciones del satélite y el receptor. Pero se conoce la diferencia de distancia, no la distancia en sí, lo que posiciona al receptor en un hiperboloide de revolución con foco en las posiciones del satélite en los dos momentos de observación. Con cuatro satélites se

Para calcular la posición hacen falta las mediciones de cuatro satélites, ya que no se conocen las tres dimensiones temporales y la incertidumbre que introduce el sesgo del reloj del receptor (habitualmente es un oscilador de cuarzo que es de menor calidad que los relojes atómicos de los satélites, supervisados por la estación de control). La intersección de las esferas centradas en los satélites y con radio igual a la pseudodistancia medida da la posición del receptor.

Si el estado es conocido (usando un patrón atómico), o la altitud (navegación marítima), con sólo tres satélites se resuelve el posicionamiento tridimensional al dejar sólo 3 incógnitas. Si el código utilizado es el código C/A, cuya frecuencia de modulación es de 1.023 MHz (y por tanto su longitud de onda es de aproximadamente 300 metros) se pueden sufrir errores de algún decámetro, pero en tiempo real.

Dos códigos correlacionados



CORRELACIÓN TOTAL DE LOS CÓDIGOS PRN
DEL RECEPTOR Y EL SATÉLITE

El código P cuya frecuencia es 10.23 MHz tiene una longitud de onda de sólo 30 metros (10 veces menor que el C/A); por ello los errores son del orden de algún metro, aunque no puede correlacionarse, a no ser que el receptor genere la réplica y se sepa en qué momento casi exacto se encuentra, consiguiéndose esto último con los datos correspondientes de la palabra HOW del mensaje.

En cualquier caso, el código P puede permitir a un avión de combate o a un misil, mientras vuela a 2 veces la velocidad del sonido (2 mach), el posicionamiento en tiempo real con precisión de orden métrico. Para usos geodésicos carece de interés esta posibilidad, siendo suficiente el uso del C/A para un breve posicionamiento aproximado, automático en los instrumentos modernos, previo a la observación por medida de fase.

• Medición por diferencia de fases

Este método es el que permite la máxima precisión. Para ello se emplea una frecuencia de referencia, obtenida del oscilador que controla el receptor que se compara con la portadora demodulada que se ha conseguido tras la correlación, o bien sobre su armónico conseguido por el método de cuadratura. La base del método es que se controla en fase una emisión radioeléctrica hecha desde el satélite con frecuencia conocida y desde posición conocida.

Al controlar en fase, lo que se hace es observar continuamente la evolución del desfase entre la señal recibida y la generada en el receptor; el observable es el desfase, y éste cambia según lo hace la distancia satélite-antena receptora.

Cuando llega a la antena, la onda portadora habrá recorrido una distancia D, correspondiente a un cierto número entero N de sus longitudes de onda, llamado ambigüedad, más una cierta parte de longitud de onda. Lo observable es esta parte de la longitud de onda y puede valer entre 0 y 360 grados sexagesimales. Cuando va creciendo y llega a 360 el valor de N aumenta en una unidad y dicho valor es 0. Contrariamente sucede al revés.

Diferencia de fase entre dos receptores

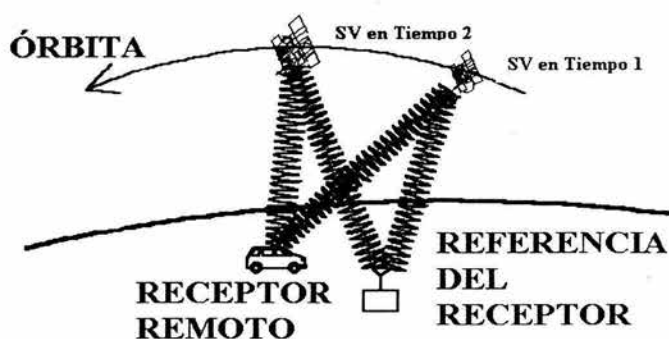


Pensemos que ya que la longitud de onda de la L1 es de 20 cm y que al poder apreciar el incremento de fase con precisión mejor del 1% la resolución interna es de orden milimétrico. Además la distancia (por tanto la fase y el incremento de fase entre 0 y 360 grados sexagesimales) está variando continuamente aunque de forma controlada por la continua comparación de fase. La resolución de la ambigüedad se hace en el proceso de cálculo y no sólo ésta incógnita, sino las otras que tenemos que son los estados de los relojes y por supuesto los tres incrementos de coordenadas entre receptores.

Es fundamental en el sistema no perder el seguimiento de la fase para que la ambigüedad inicial no pueda variar. Si hay una pérdida de recepción por cualquier causa la cuenta de ciclos se rompe y tenemos una pérdida de ciclos o cycle slip, talón de Aquiles del método, aunque mediante un ajuste polinómico en postproceso, es posible restaurar la cuenta original y recuperar la ambigüedad inicial.

Este método se emplea para posicionamiento relativo, entre dos receptores que toman la diferencia de fase al mismo satélite y que pueden comunicarse para obtener sus coordenadas relativas.

Posicionamiento relativo



$$\text{Posición del receptor remoto} = \text{Posición de la Referencia} + \text{Diferencia en ciclos}$$

POSICIONAMIENTO GPS CON MEDIDA DIFERENCIAL

La pérdida de ciclos puede ocurrir por muchas causas: paso de un avión, relámpago, disturbios ionosféricos, torpeza del operador, etc. Pensemos que, dada su lejanía y poco volumen físico, la fuente radiante (antena del satélite) se puede considerar puntual, por lo que carece de penumbra radioeléctrica. Se comprende claramente la dificultad de trabajar en cercanías de arbolado, tendidos eléctricos, estructuras, torres, etc.

Aplicando este sistema de observación a dos estaciones, refiriéndonos al posicionamiento relativo, podemos hacer las siguientes afirmaciones:

El tratamiento de las ecuaciones generadas en la común recepción instantánea de un mismo satélite se llama método de simples diferencias y minimiza o elimina errores de reloj de satélite.

Las ecuaciones correspondientes a la común recepción en un momento dado de dos satélites en una posición en la órbita, método de dobles diferencias, facilitan la eliminación de las *cycle slips*, y minimizan o eliminan los errores de reloj de satélites y de receptores, indeterminación de órbitas y otras fuentes de error, porque al ser de magnitud similar, cuando estos errores son algebraicamente restados, tienden a cancelarse.

Si el planteamiento matemático lo hacemos tratando la recepción de dos satélites en una posición y luego en otra, método de triples diferencias, eliminamos los errores, igual que en las ecuaciones de dobles diferencias, pero se cancela la ambigüedad de ciclos.

V.13 PRECISION Y ERRORES

En las técnicas de medición mediante GPS pueden considerarse dos contribuciones diferentes al error esperado que empeoran la estimación final de la posición: UERE (que considera únicamente el error que se está produciendo en el cálculo de la distancia al satélite) y DOP (que está considerando la influencia que en el error final de posición está teniendo la configuración espacial de los satélites y el usuario), siguiendo la normalización propuesta por *Paradisis* y *Wells*. El error total se obtiene como el producto de ambas contribuciones.

• UERE

El error equivalente en la distancia al usuario o UERE (User Equivalenty Range Error) es la contribución al error en la medida de la distancia producida por una sola fuente de error, suponiendo que la fuente de error no está correlacionada con otras fuentes de error.

Estas fuentes de error mencionadas que afectan a las observaciones GPS se conocen como errores sistemáticos, que pueden dividirse en tres categorías:

Errores sistemáticos en los satélites; son debidos a un conocimiento deficiente de su órbita, esto es, errores en las efemérides transmitidas y a posibles irregularidades en los relojes, tanto de estado como de marcha.

Errores sistemáticos en la estación; son debidos a los relojes de los receptores y a un posible desconocimiento de unas coordenadas aproximadas correctas de la estación, imprescindibles para la linealización de las relaciones de observación.

Errores sistemáticos debidos al medio en que se propaga la onda electromagnética son el retardo ionosférico y el troposférico, y de la propia onda electromagnética, la ambigüedad en el conteo de ciclos.

El valor del error producido por el UERE es diferente según se emplee el código C/A o el código P en algunas fuentes individuales de error (como la compensación del retraso ionosférico) en otras fuentes el valor es el mismo.

Existe un parámetro semejante al UERE pero que no es el mismo, se trata de la URA (User Range Accuracy) o precisión en la distancia para el usuario que es transmitido por los satélites e informa al usuario de la fiabilidad que se puede obtener en las medidas.

• DOP

La dilución de la precisión o DOP (Dilution Of Precision) es la contribución puramente geométrica a la incertidumbre de un posicionamiento.

Las mediciones de los satélites pueden ser mejores o peores dependiendo de qué satélites se empleen para efectuar una medición de posición, ya que dependiendo de los ángulos relativos en el espacio la geometría puede aumentar o disminuir la incertidumbre, al no ser realmente las distancias medidas valores exactos, sino que se ven afectadas de unos posibles errores que hacen que estén definidas dentro de una banda de incertidumbre. Así, el lugar geométrico de puntos a una determinada distancia del satélite es en realidad una esfera "difusa". Como la posición del usuario quedaba definida por la intersección de dichas esferas ya no será un único punto sino un cierto volumen.

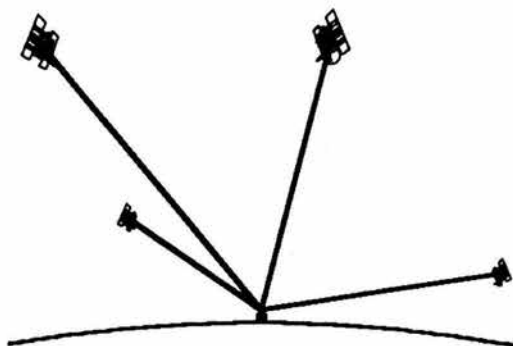
DOP alto



MAL GDOP

La DOP es un valor adimensional que describe la "solidez" de la figura observable distanciométricamente, constituida por el receptor y los vectores que determina el receptor con los satélites a la vista. Su valor ideal es uno, pero aumenta si la geometría empeora, pudiéndose producir una situación en la que habiendo suficientes satélites a la vista, deba suspenderse la observación porque la DOP supere un valor establecido como puede ser 6 (el que habitualmente se emplea). Así pues la DOP es un factor por el que se multiplica el error cometido en las determinaciones de las distancias a los satélites para establecer el error final de posicionamiento.

DOP bajo



BUEN GDOP

EJEMPLOS DE RECEPTORES DE GPS



- *Eagle AccuMap Sport GPS*

Este receptor de navegación y posicionamiento GPS es una unidad de mano fácil de usar.

Tiene todas las propiedades de un gran receptor de los antiguos incluyendo la posibilidad de grabar rutas con 1250 puntos de posición, además de un mapa de todo el mundo.

Con AccuMap Sport, los usuarios son localizados visualmente en relación con ríos, autopistas, ciudades, etc... en un rico contexto visual que hace sencilla la orientación.

Para una mayor precisión, están disponibles en el mercado norteamericano los cartuchos SmartMap del 64 Inland Mapping System (IMS) para conectarlo en el puerto trasero de la unidad. El cartucho permite mostrar todos los lagos, ríos y corrientes fluviales cercanos, además 18 regiones del mundo están detalladas en los mapas de IMS.

- *GPS 2000 and GPS 2000XL*

El GPS 2000 es uno de los más significativos aparatos de GPS y proporciona todas las opciones básicas de navegación necesarias para ir a cualquier lugar. Es un receptor muy manejable y se puede usar en cualquier situación como escalando, remando o conduciendo.

Ahora el GPS 2000XL puede proporcionar características adicionales gracias a sus 12 canales paralelos.

- *GPS 4000XL*

El GPS 4000 XL proporciona una pantalla de fácil manejo, información completa, y una antena exterior, además de opciones de navegación. Tiene una mayor resistencia al agua y a los golpes, una batería de 24 horas de autonomía y 12 canales en paralelo.

- *MERIDIAN XL*

El Meridian XL tiene una amplia pantalla en un receptor GPS de mano compacto. Cuando el capitán embarca o llega a puerto lo único que ha de hacer es indicar el destino y apretar un botón.

- *NAV DLX-10*

El NAV DLX-10 es la primera elección entre los marineros profesionales. Tiene 10 canales dedicados, un teclado alfanumérico, capacidad para almacenar 1000 puntos y es totalmente resistente al agua. Además flota.

- *GSC 100 GLOBAL SATELLITE COMMUNICATOR*

Sirve para poder entrar en contacto con cualquier persona del mundo. El GSC Global Satellite Communicator combina las características GPS del TrailBlazer XL con mensajes vía E-mail.



V.14 APLICACIONES

La utilización de los satélites de la constelación NAVSTAR con técnicas GPS ha abierto en las Ciencias Geográficas un inmenso abanico de posibilidades, al permitir situar puntos, con grandes precisiones, en aplicaciones geodésicas y topográficas, y precisiones ampliamente satisfactorias para navegación en tiempo real por tierra, mar y aire.

Hay dos tipos de receptores a considerar:

- los expeditos, pequeños y ligeros, que observan en posicionamiento absoluto.
- los topográficos, mayores, que exigen un estacionamiento más preciso, observando en posicionamiento relativo.

Las principales aplicaciones son:

- En geodinámica la determinación de la formación de la corteza terrestre a nivel local.
- En topografía el apoyo fotogramétrico con excelente rendimiento en cualquier tipo de terreno.
- En obras civiles el establecimiento de bases de replanteo de alta precisión en obras lineales de largo recorrido como carreteras, ferrocarriles, entre otros y de grandes obras de ingeniería como túneles, puentes, presas. También la determinación de redes eléctricas, telefónicas, de conducción de aguas.
- En hidrografía la localización de obras hidráulicas en obras hidrográficas, el estudio de la evolución fluvial.
- En navegación permite la situación instantánea y continua de cualquier vehículo sobre una cartografía digital. También permite la navegación precisa en tiempo real así como la disponibilidad instantánea de la dirección, velocidad y aceleración de los barcos y el guiado de los mismos.
- Para la defensa civil se puede obtener una inmediata localización y delimitación en zonas afectadas por grandes desastres, además se localizan los vehículos de auxilio y servicio.
- En carretera se puede disponer de un mapa digital de toda la red viaria permitiendo al conductor del vehículo conocer en tiempo real la situación del tráfico de todos los itinerarios posibles para llegar al destino.
- En el tema militar existen numerosas aplicaciones entre las que cabe destacar:

Guiado de misiles.

El programa EDGE (Exploitation of Differential GPS for Guidance Enhancement) intenta guiar misiles hacia un blanco con el uso de GPS en lugar del anterior uso del guiado láser. Ensayos actuales consiguen acertar un blanco a 11 millas de distancia desde el lugar de lanzamiento. En otro experimento una bomba lanzada a 8 km de altura explotó a 2 m del blanco. El GPS se utilizó por primera vez en combate en la campaña Tormenta del Desierto contra Irak para guiar los misiles de crucero CALCM lanzados por los bombarderos B-52.

Apuntamiento de artillería.

Los tanques al mismo tiempo que disparan tienen que moverse para no ser alcanzados por el fuego enemigo. El guiado por GPS permite disparar más rápidamente al rebajar el tiempo necesario para apuntar.

- En navegación aérea destacamos:

Vuelo libre

Se usa para facilitar el control de vuelo y mejorar la seguridad del mismo. Los aviones tienen una zona protegida, la zona de alarma, alrededor de ellos. Los pilotos tienen que efectuar una

maniobra evasiva en caso de intersección entre dos zonas de alarma de dos aparatos diferentes. El GPS proporciona una situación correcta de cada avión en el espacio en tiempo real a las estaciones controladoras y monitorización continua de los aparatos.

Sistemas de aterrizaje en situaciones adversas.

Los sistemas de aterrizaje electrónicos se usan para permitir el aterrizaje de aviones en cualquier situación. Los anteriores sistemas utilizaban configuraciones de antena específicas muy costosas. GPS permite un sistema más barato y fácil, dando capacidades muy precisas de aterrizaje. La comunicación fiable entre el avión y la torre de control permite prever desastres.

Capítulo 6

INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN APLICACIONES PRÁCTICAS

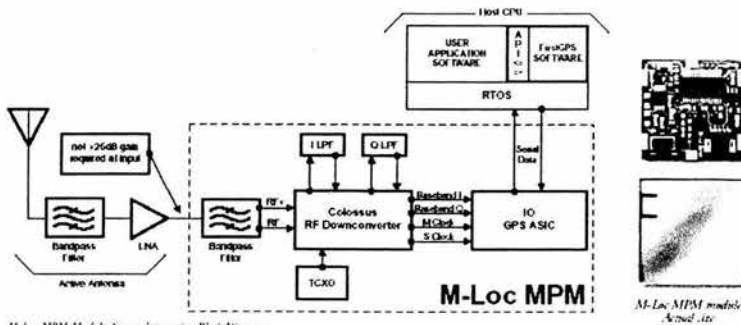


Fig. 6.1 MPM Module System Integration Block Diagram.

VI. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EN APLICACIONES PRÁCTICAS

VI.1 ALARMAS VEHICULARES CON ACTIVACIÓN VÍA RADIO

El servicio de radiolocalización es básicamente utilizado para enviar mensajes personales, sin la complejidad del teléfono celular; es decir, sin tener que contestar al momento de la recepción.

Con la introducción del sistema de dos vías, se incrementan las posibilidades para la radiolocalización, ya que los mensajes no solo serán escritos, sino también hablados, a manera de contestadora, sin que ello implique que el sistema de radiolocalización sea una competencia directa de los servicios PCS (Sistema de Comunicación Personal) que ofrece la telefonía celular.

Además, con las facilidades que brindan las constelaciones de satélites de órbita baja, se puede manejar un servicio de radiolocalización global, con las características necesarias para la buena recepción de los mensajes.

VI.1.1 Alarmas vehiculares

Un sistema de alarmas vehiculares debe ser seguro para el usuario, así que una manera es que pueda ser controlado de manera remota, por ejemplo con solo hacer una llamada telefónica, en caso de robo del vehículo.

El sistema de alarma funcionaría de la manera siguiente: el usuario llama a un centro de servicio de radiolocalización comercial como un servicio normal y da como mensaje un número que representa un código.

Este código es la clave de acceso que activa la alarma, la cual registra dicho código y lo utiliza para interrumpir la corriente que alimenta a la computadora del vehículo o bien a un transformador para cortar la corriente total del vehículo.

Este sistema tiene la ventaja de detener por completo al vehículo y no se puede arrancar de manera directa, además acoplado con un sistema de localización vehicular se obtendría la posición del vehículo. Una vez enviada la señal de radiolocalización, el tiempo de transmisión de la misma y por lo tanto de activación de la alarma es tal que el vehículo se desplaza solamente unos 200 metros.

En combinación con las alarmas vehiculares comunes o ya instaladas, resulta un sistema de seguridad completo y de fácil operación.

El radiolocalizador es el receptor de la señal enviada a través de la red comercial de radiolocalización, contratando un solo servicio de frecuencia, para diversos receptores, gracias a la codificación.

ALARMAS COMERCIALES CON RADIOLOCALIZADORES

SkyAlarm es una alarma automotriz anti-asalto a control remoto que protege al vehículo mientras se encuentra estacionado, ya que puede ser activada con puertas, cofre, cajuela y cristales; además en caso de asalto, puede ser activada vía satélite mediante el servicio y cobertura de la compañía SkyTel.

VI.1.2 Funcionamiento:

A) Mientras el vehículo está estacionado, la activación de la alarma será a través del transmisor convencional, protegiendo puertas, cofre, cajuela, cristales y bloqueo de encendido.

B) En caso de asalto, habrá que reportarlo a la cabina de control después de sufrir el siniestro, quien dará instrucciones y se encargará de enviar el mensaje vía satélite, con el fin de que la unidad sea detenida a kilómetros de distancia con todas las precauciones necesarias.

Se recomienda al usuario:

1. Entregar el vehículo al asaltante sin oponer resistencia.
2. Reportar telefónicamente el robo del vehículo a la cabina de control.
3. El personal de la cabina dará instrucciones y coordinará lo necesario para que SkyTel reciba el mensaje en forma inmediata.
4. SkyTel retransmitirá el mensaje vía satélite al vehículo.
5. Al momento de recibir el mensaje la alarma y las luces se activarán instantáneamente y 40 segundos más tarde el vehículo se detendrá y podrá ser recuperado.

El equipo incluye:

- Alarma a control remoto.
- 2 transmisores.
- Anti-scanner.
- Audio sensor para cristales con discriminación de falsas alarmas.
- Supervisión y eliminación de sensores.
- Protección de puertas, cofre, y cajuela.
- Led indicador con memoria de intrusión.
- Sirena electrónica.
- Armado silencioso mediante transmisor.
- Intermitencia de luces de estacionamiento (cuartos).

Funciones reser:

- Pager SkyTel para activación vía satélite.
- Anti-asalto discreto con Preaviso para evitar accidentes.
- Bloqueo capacitivo de motor, no permite encendido en directo.
- Auto armado pasivo sin limitar funciones de antiasalto.

Cuando el vehículo ya cuente con alarma a control remoto, SkyStop es un complemento para protección anti-asalto, ya que puede ser instalada en todo tipo de vehículos, en donde exista cobertura de SkyTel y distribuidor autorizado reser.

En caso de asalto llamar de inmediato a las operadoras de SkyTel quienes se encargarán de enviar el mensaje vía satélite con la finalidad de que la unidad sea detenida con todas las precauciones necesarias. SkyStop protege el vehículo mientras se encuentra estacionado, sin llaves, sin controles remotos; gracias a su sistema de auto armado y control de acceso interior y además tiene la opción de proteger puertas, cofre y cajuela.

El equipo incluye:

- Módulo de alarma SkyStop
- Anti-scanner
- Intermitencia de luces de estacionamiento (cuartos).

Para estos servicios, es necesario tener un sistema de localización vehicular.

VI.2 SISTEMAS LAV

En un primer momento se presentó como un hito tecnológico, la integración de tres tecnologías "preexistentes, como eran la de GPS, las comunicaciones inalámbricas y la cartografía digital; con años, o incluso décadas alguna de ellas de existencia a sus espaldas".

Con la disponibilidad de receptores GPS OEM para desarrolladores y a costos muy razonables, juntamente con la proliferación de software de tratamiento de cartografía, así como la disposición de datos cartográficos de ámbitos urbanos y territoriales se avanzó en el desarrollo de aplicaciones. La rápida evolución en el sector de las comunicaciones ha posibilitado igualmente las comunicaciones móviles públicas de larga distancia.

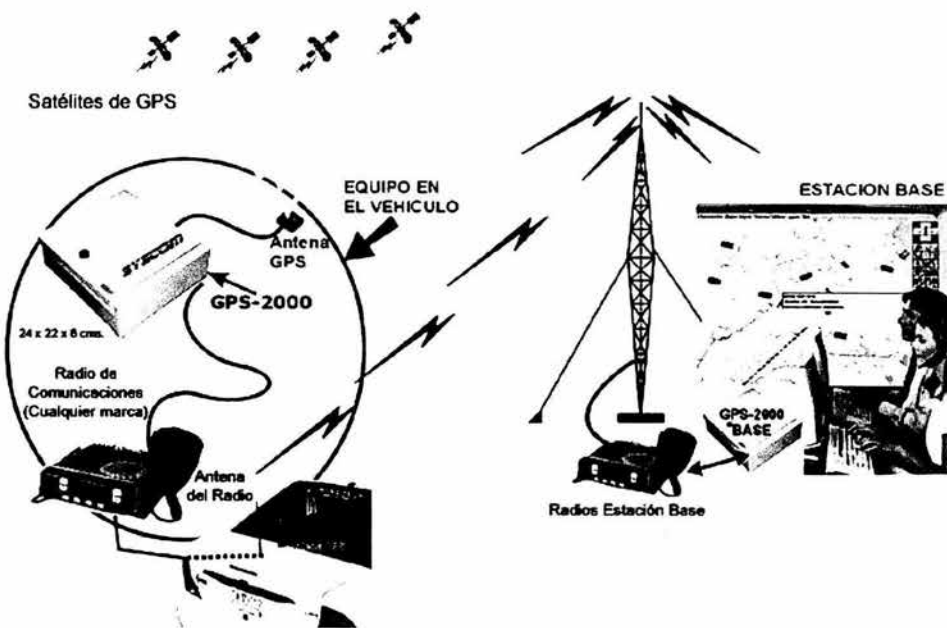
El primer fruto práctico de tal integración consistió en un sistema de localización que permitía tener conocimiento de la ubicación de cualquier tipo de móvil, en cualquier momento y en cualquier lugar del globo terrestre. Son los llamados Sistemas de Localización Automática (L.A.V. o A.V.L., por sus siglas en inglés).

VI.2.1 Descripción del sistema

Muchas compañías poseen flotas de vehículos y dos de los problemas asociados con el cuidado y mantenimiento de las mismas son, el conocimiento de la ubicación actual de algún vehículo en particular y la condición física de éste.

Los sistemas de rastreo están orientados al mejoramiento de estos dos aspectos. Un sistema completo de rastreo de flota consta de: un dispositivo de comunicaciones colocado en el vehículo, una red de comunicación y un sistema computarizado de información.

Configuración de un sistema LAV:



La información de ubicación, que un receptor GPS deduce, es enviada a la base por medio de una señal de RF que un módem "inteligente" controla. En la base la señal de RF es recibida por un radio y los datos son decodificados por el módem. El módem se conecta a la PC por medio de un cable "Null Modem". Un programa informático se encarga de mostrar digitalmente el mapa y la posición del vehículo.

La ubicación que deduce el receptor tiene 2 tipos de errores:

- 1.- El sistema de satélites GPS tiene un error provocado por el departamento de defensa de EUA para evitar que el mismo sistema GPS lo utilicen en su contra. Este error es cambiado en una forma aleatoria.
- 2.- El error 2 se debe a las condiciones de la ionosfera y atmósfera, las cuales pueden provocar retardo de tiempo en las transmisiones del satélite cuando envían su propia ubicación.

Con este tipo de sistemas, instalados en flotillas de autos, se pueden tener los siguientes servicios:

- Localización de uno o más móviles desde un centro de control (con parametrizaciones diversas por frecuencia horaria, distancia recorrida, superación de velocidades, tiempos de parada, tiempo sin parar, por entradas o salidas a puntos o zonas geográficas que se determinen, por desviación de rutas, etc.).
- Almacenamiento de posiciones en el propio equipo de a bordo, para su análisis posterior.
- Control de sensores del vehículo o maquinaria, tanto analógicos como digitales.
- Tratamiento específico en función de esos valores (almacenamiento, generación de alarmas, etc.).
- Utilización de cualquier medio de comunicación disponible (GSM, radio, trunking, satélite, etc.).
- Integración en la informática del cliente, por la utilización de las propias bases de datos de éste.
- Estructura cliente-servidor que permite dedicar un ordenador a comunicaciones y base de datos y establecer un número indefinido de puestos de operación en red.
- Acceso al sistema a través de Internet, con distintos tipos de funcionalidades disponibles en función del tipo de usuario.

VI.2.2 Componentes

Se requiere primordialmente un canal confiable de comunicación. Este canal puede ser en un sistema convencional de radio o en un sistema trunking.

En el vehículo es necesario:

- Una antena GPS. La cual recibe la señal del satélite.
- Un receptor GPS que procesa simultáneamente la señal de hasta 8 satélites en una frecuencia de 1575.42 MHz, para una velocidad máxima de rastreo de 515 m/s con una precisión de 1 m/s. Precisión de tiempo UTC (Tiempo Universal Coordinado). Salida de datos en un protocolo NMEA, TSIP o TAIP.
- Un módem, inalámbrico, velocidad de 1200 bps ó 2400 bps, capacidad de respuesta automática de posición a una petición de la base, además de transmisión repetitiva de posición con tiempo programable.

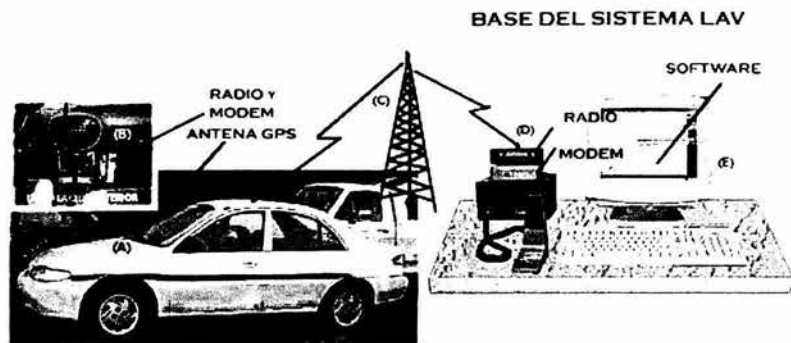
El módem se conecta al radio existente en el vehículo y en caso de no tenerlo es posible conectarlo a cualquier radio móvil, que envía a través del mismo radio de comunicaciones su posición geográfica hacia la estación base.

En la base es necesario:

Un radio de comunicaciones con antena o bien utilizando un radio ya existente solo se tiene que instalar un módem. Este radio puede usarse para seguir teniendo comunicación vía voz, si se toman las medidas adecuadas.

También se necesita una P.C. con puerto serie RS 232 disponible.

Un software con mapa digitalizado. Se utilizan sistemas de informe de posición que son programas de administración del sistema de comunicación que pueden ejecutar el despliegado de múltiples objetivos en un mapa, utilizando mapas de cobertura urbana o de nivel de observación de calles y avenidas.



Es primordial contar con una vía confiable de comunicación, los datos se pueden transmitir a través de:

- Sistema Convencional VHF, UHF y 800 MHz (voz y datos)
- Sistema Troncal (voz y datos)
- Sistema de repetición digital (datos)

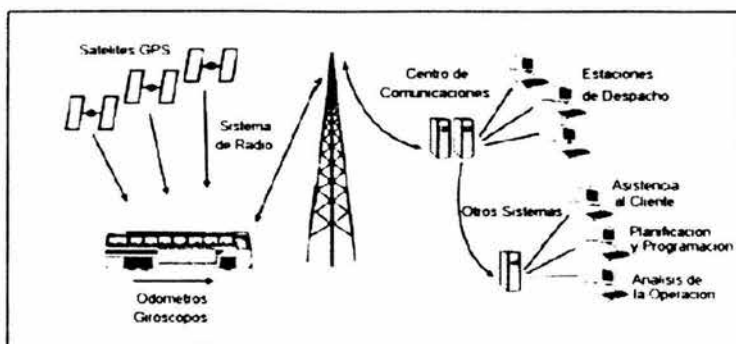
El LAV/GPS puede convivir con las comunicaciones normales, siempre que no esté muy congestionado el canal.

El área en la que se puede rastrear un vehículo depende de la cobertura del sistema o de la red de repetidores.

Existen muchas vías inalámbricas para efectuar esta comunicación de las cuales destacan los teléfonos celulares, los radios troncales y los radios convencionales. Cuando se efectúa vía radio, la comunicación es mucho más rápida que con el celular (y más económica). El cubrimiento es el mismo que el sistema de radio en uso que generalmente es bastante amplio, suficiente para una ciudad completa o más.

Los repetidores convencionales de voz así como los sistemas troncalizados retransmiten la señal transparentemente, por lo cual el cubrimiento de un sistema de radio puede aumentarse enormemente.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo de la operación de un sistema LAV para un operador de transporte público. En esta figura la tecnología de localización utilizada es GPS, con interpolación por odómetro, cuando el GPS no está disponible



VI.2.3 Análisis de mercado

Costos Asociados

Los costos asociados a la implantación de sistemas LAV son muy variables dependiendo del tipo de aplicación, la funcionalidad y el grado de cobertura, entre otras cosas.

Las consideraciones que inciden en el costo son las siguientes:

- Tipo de tecnología de localización a utilizar.
- Tipo de sistema de comunicaciones entre los vehículos y el sistema de despacho.
- Cantidad de vehículos a manejar. El costo de las licencias de software de despacho depende de la cantidad de móviles a localizar y seguir.
- Funcionalidad del software de despacho.
- Cantidad de estaciones de despacho.

Los siguientes datos pueden dar una idea de los costos de inversión aproximados en este tipo de aplicaciones.

- El sistema a bordo de los vehículos, para un sistema GPS y un sistema de comunicaciones basado en radio, tiene un costo entre un rango de US\$ 1,000 a US\$ 2,000.
- El software de despacho tiene un costo entre un rango de US\$ 3,000 a US\$ 20,000, dependiendo de la funcionalidad.

Ejemplos de sistemas comerciales.

GPS-2000. Es un Sistema de Localización Automática de Vehículos en el cual el usuario adquiere en un solo gabinete la herramienta tecnológica integral que le permite conocer la posición de los vehículos de la flotta, además de conocer el estatus de cada uno de ellos y realizar acciones de Telecontrol desde su central de monitoreo.

Este sistema es amigable a cualquier software actual o por desarrollar. El equipo incluye: Una tarjeta radio módem RVD-97A. Programable vía aire, 6 entradas digitales, 2 relevadores de salida. Compatible con sistemas convencionales y troncales. Memoria FLASH para actualizaciones a futuro. Protocolo encriptado para transmisiones seguras. Una tarjeta receptora de GPS marca TRIMBLE ACE III. Una antena receptora de GPS SHAG 130. Gabinete metálico SYG-030 con dimensiones de: 240mm x 220mm x 80mm. Pintura electrostática de gran durabilidad. Incluye chapa de seguridad.

Beneficios Adicionales.

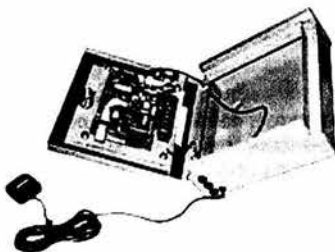
El GPS-2000 utiliza las últimas tecnologías. Por ejemplo:

- * Cada flotta puede utilizar una encriptación digital diferente (altísima confiabilidad).

- * Capacidad de grabar en memoria propia hasta 4,000 puntos.
- * Informa latitud, longitud, velocidad, hora y altura sobre el nivel del mar y queda grabado como bitácora.
- * Tiene dos relevadores para activar dispositivos en el vehículo a control remoto (cortar corriente, cerrar baúl, etc.).
- * 6 Entradas para censar cualquier anomalía, incluyendo emergencias (botón de pánico) y transmitir las a la central.
- * Software disponible y además librerías para adaptar a las necesidades de cualquier organización.
- * Error típico menor de 30 m.
- * Garantía 3 años en uso normal.

NOTAS ADICIONALES

Si se requiere únicamente señal de GPS - LAV, se puede utilizar como repetidor un GPS-2000GDE, debidamente configurado al cual habría que añadir un radio, una antena y una fuente de poder, resultando un repetidor digital económico, pues no requiere duplexor ni tampoco una segunda frecuencia.



GPS-2000. Listo para conectar a cualquier radio del vehículo. No incluye radio.	\$779.00
GPS-2000-BASE.- Igual al GPS-2000, más económico pues no incluye receptor GPS.....	\$530.00
SKRRGPSK. Arnés para conexión de radio KENWOOD a GPS2000 móvil o base.	\$25.00
SIRRGPSI. Arnés para conexión de radio ICOM a GPS2000 móvil o base.	\$25.00

Repetidor DIGITAL. (DIGIPEATER)

Cuando se tiene un sistema de radiocomunicación convencional en Simplex, la cobertura es más limitada que un sistema trabajando con un repetidor.

¿Cómo hacer para que el sistema Simplex tenga igual cobertura que el sistema repetidor?

Para la aplicación en el sistema LAV es muy sencillo. Se utiliza un repetidor DIGITAL el cual aumenta la cobertura del sitio igual que como si tuviera un sistema de repetición convencional.

En los vehículos a localizar se utiliza un radio, un receptor de GPS y un módem RVD97. En la base se utiliza: un radio y un módem RVD97.

Para armar un Digipeater se utiliza el mismo tipo de módem que utilizan el vehículo y la base.

Funcionamiento:

Cuando el alcance del sistema Simplex no localice al vehículo, cambiamos a modo DIGIPEATER. La base tiene grabados los tiempos de reporte de los vehículos, cuando a un vehículo le toca reportarse, la base le manda información al repetidor, éste la guarda y luego la retransmite al vehículo. El vehículo responde a los comandos enviados por la base, contestando por medio del repetidor, éste trabaja de la misma manera, guardando y después enviando la información a la base. Si el vehículo a localizar escucha dos veces la transmisión de datos, no le importa, el módem es inteligente y solo contesta una vez al repetidor.

Ventajas:

-Aumentar la cobertura utilizando una frecuencia simplex.

-Mucho más económico que utilizar un repetidor normal.

-Fácil de armar.

-Utiliza dos componentes básicos, el radioreceptor y el módem.

Para tener en una ciudad un sistema LAV no es necesario tener dos frecuencias, se puede tener la misma cobertura con una sola frecuencia.

VENTAJAS del sistema LAV sobre otros sistemas:

-Utiliza un canal de radio convencional o troncal.

-Se puede utilizar un radioreceptor casi de cualquier marca.

-Su costo está al alcance del usuario.

-El módem cuenta con funciones de telemetría y telecontrol.

-Capacidad del software para ajustarse al usuario.

Para extender la cobertura se puede utilizar un repetidor normal o un repetidor digital.

RASTREO DE POSICIONAMIENTO SIMPLE COMPARADO CON EL RASTREO EN TIEMPO REAL:

El rastreo de los vehículos en tiempo real desde la oficina puede necesitar de un administrador de flota si el propósito principal es re-encauzar el vehículo, basándose en su posición con relación a otros vehículos de la flota. El rastreo en tiempo real requiere de una comunicación inalámbrica en ambos sentidos, entre el vehículo y la oficina. Para los vehículos que permanecen en un área geográfica limitada, como por ejemplo una ciudad, esto puede lograrse a través de radios. Cuando el vehículo necesita ser rastreado a una escala más amplia, se requiere de la comunicación satelital o celular.

Sorprendentemente, los servicios de comunicación satelital y celular son similares en costo. Una de las diferencias, es que la cobertura es mayor.

El vehículo está moviéndose a campo abierto y pudiera estar fuera del rango celular, la tecnología satelital es superior.

La traza de posición simple (rastreo pasivo) es menos costosa, porque no se requiere de comunicación inalámbrica. En lugar de eso un dispositivo GPS colocado en el vehículo ilustra la posición y velocidad, para más tarde vaciarla en un computador para su revisión. Un sistema de rastreo simple puede proveer información extremadamente detallada que es fácil de estudiar utilizando un software gráfico. El equipo de rastreo es muy seguro contra violaciones y únicamente puede tener acceso el director de la flota. De hecho, el sistema de traza simple es el método más eficaz para contabilizar el desempeño en la flota de vehículos.

EMPRESAS EN MÉXICO

SATELITAL TRACKING DE MÉXICO (www.satellitaltracking.com)

Av. Guerrero 380-F-423, Tlatelolco, México, D.F. C.P. 06900, Tel +52 (55) 2588 4112, ventas@satellitaltracking.com

Servicios:

Localización vehicular

Transmisión de datos en forma inalámbrica

Automatización de la fuerza de ventas

Cobranza electrónica

Servicios especiales de seguridad

COTIZACIÓN

Servicio de Localización Automática de Vehículos Celular DIGITAL TDMA SMS (Short Message System). Venta.

Sistema GPS para localización vehicular \$ 880.00 USD más IVA.

Precio por 9 Unidades \$ 830.00 USD más IVA por unidad

El sistema incluye:

Equipo vehicular GPS con antena magnética.

Cables, conectores y batería de respaldo.

Instalación del equipo y materiales.

Botón de pánico y dispositivo para alto de motor.

Costo Mensual por Servicio de Monitoreo: \$ 450.00 pesos más IVA. (No incluye tarifa celular)

Si se paga por adelantado el costo del servicio de monitoreo anual y el equipo de localización, éstos tendrán un costo de \$ **1,300.00** USD más IVA.

Además se incluyen los siguientes servicios:

- Central de monitoreo 24 h, para atender emergencias.
- Reporte mensual de eventos de cada una de las unidades equipadas con el sistema.
- Llamadas telefónicas ilimitadas al centro de monitoreo.
- Mantenimiento requerido por el equipo.
- Rastreo y localización inmediata vía satélite durante las 24 h.
- Detectar desvíos, velocidades y distancias recorridas.
- Detectar situaciones de emergencia.
- Incrementar la seguridad al monitorear excesos de velocidad.
- Detener el vehículo sin perder su ubicación.
- Conocimiento exacto de rutas, tiempo de recorrido, paradas y velocidad.
- En caso de robo, el vehículo puede ser detenido.
- Coordinar operativos de apoyo y auxilio.
- Notificar a las dependencias oficiales con el fin de recibir el apoyo idóneo según el caso de emergencia.

NAVIGATOR TRACKING SYSTEM.

Gabriel Mancera # 1121 Col del Valle, México D.F., C.P. 03100 Tel: 5575 5818, 5575 9353

SERVICIOS:

Comunicación inmediata con el centro nacional de monitoreo.

Localización inmediata vía satelital en México, EU y Canadá.

Alerta a los órganos policíacos y de emergencia más cercanos al evento.

Bloqueo de los sistemas eléctricos y de gasolina para apagar el motor.

Activación de claxon o alarma

Verificación de movimiento que informa si el vehículo se encuentra detenido o en circulación.

Apertura remota de seguros y cajuela.

Operación bajo cualquier condición climática

Información que puede solicitarse: de trayectoria de recorrido, velocidad, paradas, alarmas y kilómetros recorridos.

SECURITY EXPRESS <http://seguridad.de-mex.com>

rbglez1@yahoo.com Tel. (871) 7131214 y 7136175 Corregidora No. 14 Ote C.P. 27000 Torreón, Coah. México Lic. Roberto González

Equipos de GPS
Alarmas

Cámaras ocultas
Radios

SM Comunicaciones S.A. de C.V. www.smcom.com.mx
info@smcom.com James Monroe Manzana 12 Lote 261A Ampliación Presidentes C.P. 01299
México D.F. Tel./Fax: 5602-3766 / 5643-5405

SERVICIOS

- Sistemas GPS
- Comunicación inalámbrica
- Radiocomunicación

MKN MOKEN www.moken.com.mx/productos.htm

Cuarta cerrada de Alfalfares No. 32-4, Col Granjas Coapa, C.P. 14330, Tel 5671 9662 Fax 5603 7830

Venta, renta, reparación e instalación de:

- sistemas integrales de comunicación
- Sistemas de comunicación HF, VHF y UHF
- Sistemas de Posición Global (GPS, para Localización de Vehículos LAV)
- Sistemas de enlace punto a punto
- Accesorios, baterías, micrófonos, antenas, eliminadores, clips, etc.

ESTRATEGIA DE MERCADEO PARA UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA:

Hipótesis:

De los fabricantes de componentes o equipos, algunos ya tienen distribuidores en México. Una opción para la distribución de receptores es buscar la representación de algún fabricante (**TRIMBLE** o **TRI-M** por ejemplo).

El sector de LAV es competido en México, existen empresas que están posicionadas, a las cuales se les pueden vender productos, refacciones y el "outsourcing" de instalación, previa capacitación.

MERCADO META:

Empresas que ofrecen servicios LAV.

RECURSOS NECESARIOS:

Tiempo para análisis y negociación para obtener la representación de productos adecuados.

Capacitación en sistemas GPS, técnicamente y comercialmente.

Muestras de productos, con la información correspondiente de marcas, modelos, costos, lugar de fabricación, transportación, etc.

Estrategia de venta de productos y servicio.

COSTOS:

Costo por equipo o sistema GPS PROMEDIO: 500 usd

Datos complementarios:

Robo a transporte en el 2002, promedio diario 28 unidades

Robo de vehículos en el 2002, promedio diario 95 unidades

Total: 123 unidades / día (61,500 usd)
3690 unidades /mes (1,845 000.00 usd)

ESTIMADO DE MERCADO POTENCIAL

Rastreo de autos particulares, flotillas o arrendadores de autos.

Costo promedio por equipo \$ 500.00 usd

Consumo anual 600 piezas = 300,000.00 usd

VI.3 CONTROL DE SEMÁFOROS

VI.3.1 Conjunción de redes vehiculares y de comunicaciones.

Al igual que las redes de computadoras, el tránsito vehicular ha tenido un crecimiento considerable en nuestra sociedad contemporánea, aunque de manera distinta, ya que debido a su crecimiento ha causado grandes problemas que todavía no pueden ser solucionados por los gobiernos.

A pesar de que se han construido carreteras, periféricos, viaductos y circuitos con la intención de evitar que el tránsito obstruya las avenidas y los ejes centrales, el flujo vehicular continúa creciendo, al grado de causar catastróficos congestionamientos que diariamente afectan el tiempo de viaje, tanto del transporte particular como del público.

Asimismo, el excesivo flujo vehicular implica demasiadas detenciones y demoras, ocasionando un alto consumo de combustible, un elevado nivel de ruido y un aumento en el porcentaje de la contaminación ambiental.

Ante tal situación, algunas industrias, valiéndose de la informática y de las telecomunicaciones, han desarrollado novedosos sistemas electrónicos capaces de controlar, monitorear y dirigir remotamente los diferentes movimientos vehiculares que se presentan en una ciudad, para así resolver sus problemas de tránsito.

Es decir, estamos hablando de la existencia de Sistemas de Tránsito Avanzado que por medio de cámaras pueden fotografiar las placas de los infractores que se pasan una luz roja e inmediatamente mandar la información a un centro de control especial, para que éste la analice más tarde la transfiera a las autoridades correspondientes, quienes automáticamente levantarán la infracción y señalarán la multa.

De igual forma, nos referimos a un sistema que puede conocer a ciencia cierta la situación en que se encuentra cada cruce y semáforo de la ciudad, y por ende tiene la capacidad de monitorear la información centralmente, así como identificar las conexiones de este centro hacia cada una de las intersecciones por medio de una red de comunicación física, la cual puede estar montada sobre cable, cobre, fibra óptica, radio (microondas o el mismo sistema de radiolocalización) o satélite.

Con dicho sistema también es posible manipular el tránsito para lograr la afluencia vehicular ideal en las horas y zonas más conflictivas. Esto se logra por medio de un centro de control, el cual cuenta con un controlador local que tiene toda la información del funcionamiento de los semáforos.

Por consiguiente, con este controlador se puede dar prioridad en las intersecciones a algunos usuarios vehiculares como las ambulancias, los bomberos o la policía.

También es posible que se controle, durante las horas pico, la duración de la luz verde en determinadas intersecciones, con el objetivo de evitar que circule más tránsito en la avenida que sufra mayor congestionamiento.

Cabe destacar que las computadoras que se encuentran en el centro de control cuentan con programas de análisis de tráfico y generan interacción con el administrador para que éste pueda compilar con rapidez tablas de datos que son necesarias para controlar eficazmente el tránsito.

A su vez, para determinar la densidad de tráfico en la ciudad, dichos centros cuentan con programas que ofrecen sistemas de conteo automático que pueden determinar las vías más congestionadas, así como el estado de las rutas alternas.

O, por ejemplo, en los cruceros, gracias a la instalación de varios lazos de cables de cobre activados por cambios en su campo electromagnético, se puede medir el paso de cada vehículo y por consiguiente conocer el flujo vehicular, para así optimar los tiempos de transporte.

Además del control del tránsito vehicular en la ciudad, el centro de control ofrece servicios adicionales como es la seguridad del tránsito en las vías de acceso, la cual puede ser aumentada con el uso de sistemas de señalización automáticos, que dan advertencias de que hay vehículos más adelante moviéndose a baja velocidad.

Con la ayuda de semáforos especiales, el centro controla la afluencia de las autopistas, en donde se puede disminuir la sobrecarga de las mismas.



Las cámaras de vídeo instaladas en los semáforos proyectan hacia el centro de control la situación del tránsito.

Por lo tanto, este sistema permite:

- Administrar y "monitorear" intersecciones (a nivel técnico y modificación de sistemas).
- Recolectar y presentar las condiciones móviles de tráfico (conteo, clasificación y estado de información de vehículos).
- Interpretar y crear rutas alternas (señalamiento de rutas dinámicas, servicios de rutas de emergencia).
- Desarrollar aplicaciones relacionadas con la simulación del tráfico.

Al mismo tiempo dicho sistema permite soluciones para la integración de:

- Intersecciones y control de tráfico y semáforos.
- Control de vehículos de acuerdo con un estándar de prioridad.
- Guía para el estacionamiento.
- Control de rampas de acceso.
- Información de rutas dinámicas y preferentes.
- Administración centralizada para ofrecer el control del flujo de tráfico.

Es importante resaltar que una vez que se cuenta con un sistema que controla el tránsito vehicular y que constantemente recaba los datos de lo que está ocurriendo en la ciudad, se puede pasar a la implantación de una segunda fase, en donde trabajarán en conjunto diferentes departamentos que puedan compartir su información y sus redes de comunicaciones para actuar de una mejor forma ante una emergencia.

Es decir, se espera que la información con la que cuenta dicho centro de control se una a las bases de datos que tienen la policía, los grupos de rescate (como ambulancias y bomberos) y los sistemas de radiolocalización para coordinarse y trabajar en conjunto. De esta manera, se logra brindarle un mejor servicio a la comunidad.

Por ejemplo: si un automóvil es robado, éste puede ser localizado fácilmente por medio del intercambio de información de estas diferentes bases de datos y de la manipulación a su favor del tránsito vehicular. Todos estos sistemas conectados en red.

A los servicios de rescate se les puede proporcionar información de accidentes y gestionamientos viales, ofreciéndoles la mejor alternativa o ruta a seguir.

De igual forma, se puede hacer uso de las cámaras de vídeo que se encuentran en las intersecciones principales de la ciudad, las cuales ayudan a la policía a saber qué es lo que está sucediendo y en dónde exactamente.

En el caso de las carreteras, el centro de control instala detectores que obtienen las velocidades máximas de los automóviles. O, por ejemplo, si ocurre algún accidente, el sistema da a conocer, por medio de pantallas previamente instaladas en lugares estratégicos de las carreteras, que en determinado punto de la carretera hay un congestionamiento y que por lo tanto debe disminuirse la velocidad.

Cabe destacar que estos sistemas de tránsito avanzado han sido implementados exitosamente en varias partes del mundo, lo cual les ha permitido ayudar en las emergencias y a los usuarios vehiculares ahorrar gasolina, tiempo y dinero. Asimismo, ha disminuido en forma considerable el índice de contaminación y en un 30% el porcentaje de accidentes vehiculares.

VI.3.2 Centro de Control: combinación de sistemas de tránsito avanzado y redes de comunicación.

"Entre los países en los que se cuenta con un sistema de esta naturaleza, podemos mencionar a Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos, Guatemala, Hong Kong, Holanda y México. Ciudades que han mejorado sus problemas de tráfico considerablemente gracias a esta implementación", comenta Bert Klein Nagelvoort, gerente de proyectos internacionales de Peek Traffic.

La infraestructura que se requiere para tener acceso a este sistema de control de tráfico automático está formada en primer lugar por un Centro de Control, el cual se encuentra equipado con varias computadoras con microprocesador Pentium operando a 133 MHz, con discos duros de gran capacidad, CD-ROM e impresoras láser, todos estos componentes conectados por una red Novell.

Este centro cuenta con una gran pantalla en la que se proyecta la situación vehicular de la ciudad; es decir, el estado de sus semáforos e intersecciones vehiculares. Para dicho fin, se tienen que instalar cámaras de vídeo en los semáforos de cada intersección, las cuales proyectan hacia el centro de control la situación del tránsito.

En el caso de que se utilicen como medio de conexión las microondas, la tecnología a usarse es la del espectro disperso punto a multipunto. Dicha tecnología no requiere de permiso oficial para operar, ya que es una banda de muy baja potencia (2.4 GHz).

En sí, la tecnología del espectro disperso se dedica a "polear" todas las intersecciones. En caso de que alguna intersección salga de control, inmediatamente la alteración es mandada a la radiobase, quien por medio de una interface de datos envía la señal a la central.

Al llegar la información a la central, la red de cómputo por medio de un *software* especial analiza el problema y lo proyecta en el mapa de la ciudad, para que el administrador de la red pueda evaluar inmediatamente las condiciones de tráfico en la ciudad y reprogramar el control y el direccionamiento de las intersecciones.

También es importante señalar que si la conexión de cada una de las intersecciones hacia el centro de control se hace por medio de cables, se tiene que hacer uso del derecho de vía, ya sea de ductos telefónicos, de gas o de cableado de luz. Por ejemplo, en Ciudad Juárez, México, toda la interconexión se ha realizado por medio de microondas, ya que no está disponible el derecho de vía de los ductos, porque las condiciones de su tubería de gas no lo permiten.

En cambio, en el caso de Guatemala se especificó usar para la conexión del centro de control y de las intersecciones vehiculares solamente fibra óptica.

Las cámaras de vídeo instaladas en los semáforos proyectan hacia el centro de control la situación del tránsito.

VI.4 LOCALIZACION DE COMPUTADORAS PORTÁTILES

VI.4.1 Descripción del sistema

Las computadoras portátiles figuran entre los pocos productos de alta tecnología fabricados en masa que ofrecen al cliente la oportunidad de escoger las características que más requieran. Las computadoras portátiles, incluyendo las que tienen potencia industrial, el tipo libretas más pequeñas para llevar a todas partes y un tipo en evolución de microlibretas, son ampliamente populares entre una gran cantidad de usuarios que quiere una computadora que lo haga todo, con baterías. De hecho, la notable reducción en el tamaño, peso y precio ha causado un constante aumento en la popularidad de las "portátiles", un cambio que se hizo evidente durante los últimos meses, cuando las ventas de los modelos de escritorio disminuyeron de manera drástica.

En materia de productos portátiles, como en la mayoría de los aparatos en la comercialización de los productos electrónicos que se ofrecen al consumidor, los fabricantes están tratando de aprovechar la necesidad de adaptabilidad ofreciendo distintos niveles de máquinas, diseñadas para extender el deseo de la racionalidad presupuestaria a una búsqueda sin importar el precio de la más rápida, más ligera y más elegante. Para ello agregan detalles a modelos caros, con precios de 2,500 a 3,000 dólares, que ofrecen magnífica flexibilidad y capacidades gráficas y son capaces de rivalizar con el más capaz de los sistemas de cómputo de escritorio.

Y están bajando los precios de máquinas de nivel medio que hace apenas tres años podrían haber costado dos o tres veces más, ofreciendo máquinas con procesador de 2.40 GHz, 224 MB de RAM y disco duro de 10 a 120 gigabytes, a precios desde 1,300 hasta 2,500 dólares. Las poderosas máquinas de alta memoria literalmente son el sueño de todo usuario de juegos de vídeo y también son aptas para manejar aplicaciones ricas en información, como manipular fotografías digitales o programas para quemar discos compactos.

Los fabricantes también están ofreciendo modelos nuevos para quienes sólo desean explorar la Internet o procesar algunos textos, por menos de 1,000 dólares.

Los usuarios requieren también un sistema que proteja su inversión en estos equipos de alta tecnología.

Viajero con Notebook: protéjase de los ladrones

El Universal Lunes 17 de noviembre del 2003

Tips que pueden evitar que le roben su computadora

Hoy día, una computadora portátil es un elemento necesario para muchos. Su portabilidad las hace inapreciables para quienes están siempre en movimiento; sin embargo, esta cualidad también convierte una notebook en un objeto de codicia para los ladrones.

Lamentablemente, esto lo saben muchos que ya han sido víctimas de robo, pues junto con el aparato han perdido datos de valor inapreciable, producto de mucho trabajo y mucho esfuerzo.

"Una de nuestras mayores preocupaciones al decidir equipar a nuestros empleados con computadoras portátiles fue cómo impedir que fueran víctimas de robo", dice Jennifer Holehouse, gerente de una firma consultora legal en Washington, D.C. "Tenemos que entrenar a nuestra gente sobre cómo mantenerlas seguras."

Antes de salir con una notebook, Holehouse y otros expertos en seguridad recomiendan a los usuarios de computadoras portátiles pensar muy bien cómo usarán su PC mientras estén de viaje, y cómo proteger la máquina aun antes de salir por la puerta.

Antes que nada, los expertos recomiendan asegurar la notebook contra robo, pérdida y daños.

Qué hacer

Tenga en cuenta las siguientes consideraciones, que le pueden ayudar a impedir la pérdida de su notebook en manos de un ladrón sin escrúpulos, para quien su valioso trabajo no vale nada.

- *Disfrace su notebook. Los ladrones pueden distinguir con facilidad el típico estuche rectangular de una computadora portátil. Trate de llevarla de una forma menos notoria, en una mochila común y corriente, por ejemplo. No se convierta en blanco ostensible de un amigo de lo ajeno.*

- *Lleve su notebook siempre consigo. Esto puede parecer obvio, pero la mejor forma de impedir que un ladrón le arrebatase su computadora es tenerla siempre a su lado. Al viajar por avión, lleve su PC como equipaje de mano.*

Empaque sus cosas de manera tal que no haya duda de que pueda llevar su notebook como si fuese una maleta más. Llame a la compañía aérea, si es necesario. Jamás deje la computadora fuera del alcance de la vista, aunque vaya en una mochila fuera de toda sospecha.

- *No se deje distraer. No olvide: los ladrones actúan siempre de a dos: uno lo distrae por la derecha con una pregunta inocente (¿Tiene fuego? ¿Habla usted español? ¿Dónde está aquí la salida?), mientras el otro huye rápidamente por la izquierda con su computadora. Bastan apenas dos segundos de distracción.*

- *Olvídese del compartimento guardaequipajes sobre los asientos del avión, guárdela bajo llave; una contraseña la protege; considere el uso de accesorios de seguridad.*

© 2004 Copyright El Universal-El Universal Online

EL COSTO DE UN ROBO DE EQUIPO

Imagine, que es usted un ejecutivo de una mega- corporación internacional que está dando una presentación a un grupo de editores y escritores de negocios americanos. Después de realizar un discurso exitoso al grupo, se mueve por el auditorio, respondiendo preguntas. Mientras tanto, su laptop descansa tranquila sobre el podium, que usó para dirigirse al público. Al regresar, descubre que después de unos cuantos minutos de estar ausente, alguien se ha robado su laptop, acaso le parece improbable? Esto de hecho le pasó el septiembre pasado a Irving Jacobs, CEO de Qualcomm.

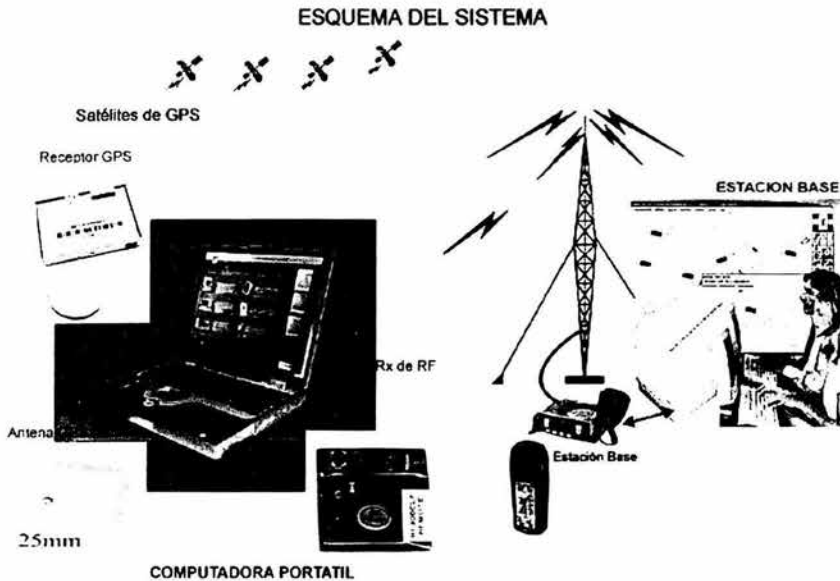
El robo fue osado, pero no del todo sorprendente, lo que fue interesante fue la ingenuidad de Jacobs, sobre la información que tenía almacenada en su laptop. Muchos testigos reportaron que él dijo tener información altamente delicada que podría ser de gran valor para gobiernos extranjeros. En esa época, Qualcomm sostenía negociaciones con la mayoría de los proveedores de telecomunicaciones en China, para introducir su tecnología de punta en telefonía celular.

Acaso fue tonto de su parte, al llevar una laptop que contenía información confidencial a una locación pública e insegura? Sí. ¿Es el único? Decididamente no. En 1998, 520 expertos en seguridad respondieron a un sondeo del instituto de seguridad Computacional, los resultados fueron reveladores. El robo de laptops quedó en segundo lugar, junto a los virus considerados los más grandes crímenes computacionales que hay. De acuerdo con un reporte del grupo asegurador de equipos" aproximadamente 387, 000 equipos portátiles fueron robados en el 2000, más del 20 % del esperado en 1999 que era de 319,000". Además se estimó que al menos 57% de los negocios en el año 2000 tuvieron pérdidas por robo de laptops.

Claro que no todos los robos de laptops son cometidos para tomar valiosa información del propietario, algunos ladrones van directo a las tiendas. Sin embargo, de acuerdo con William Malik, vicepresidente y director del departamento de investigación sobre seguridad informativa para un grupo de investigación de Mercado, sondeos informales indican que aproximadamente del 10 al 15 % de esas computadoras son robadas por criminales que pretenden vender la información, de

hecho en el caso del CEO de Qualcomm, mientras que su equipo valía 4000 dólares, la información que contenía se estima que vale millones.

Al igual que un sistema LAV, el sistema de localización de computadoras personales tendría la función de localizar y ubicar la posición de un dispositivo móvil, en este caso una computadora personal, permitiendo su posterior recuperación. Ocupando la misma configuración del sistema, adecuándolo al tamaño del dispositivo a localizar.



VI.4.2 Componentes

Los componentes requeridos son los siguientes:

EN EL EQUIPO PORTÁTIL:

a) Tarjeta receptora gps



Por ejemplo:
TF-30 MMCX Módulo GPS OEM 12 canales

Basado en el chipset SiRF Star II, el TF30 es un receptor de 12 canales "All-in-view". El módulo TF30 GPS ofrece un alto desempeño al ser integrando un procesador ARM7, también una alta fiabilidad a un precio competitivo.

Con su reducido tamaño (30 x 40 x 7 mm) y la flexibilidad brindada por ocho pines "GPIO", el módulo TF30 es conveniente para todo tipo de aplicaciones integradas como pueden ser portátiles, inalámbricas, navegación, etc. Además, su diseño exterior exclusivo resiste eficientemente señales de interferencia EMI o RFI.

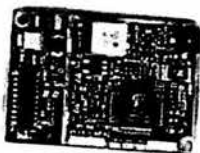
Modelo	Descripción
TF-10 SMA R/A Tipo 4	Conector MMCX
TF-10 MCX R/A Tipo 1	Conector SMA 5V
TF-10 Customer Made	Conector MCX 3V

El TF10 es un receptor GPS de 12 canales, del tamaño de una tarjeta de crédito, basado en el chipset SiRF star I/LXTM. Éste es un receptor GPS de propósito general, ofrece rápida respuesta, consumo de energía bajo y precio competitivo. El módulo GPS TF10 ofrece no solamente un alto desempeño sino también alta confiabilidad. Con su tamaño compacto y flexibilidad para opciones, el módulo GPS TF10 es conveniente y versátil en usos comerciales tales como handheld, Wireless, seguridad, navegación al aire libre, llamada de emergencia e identificación de localización. El receptor de TF10 GPS está listo para DGPS.

Las modificaciones para el tipo del conector de la antena o del conector de los datos están disponibles por requerimiento de los clientes.

ESPECIFICACIONES

Módulo	TF10	Tasa de actualización	1 s
Canales, frecuencia	12 canales L1 C/A	Sensibilidad del receptor	- 175 dBW
Exactitud de posición	25 metros CEP, sin SA	Datos de mapa	WGS-84
Exactitud de velocidad	0.1 m/s, sin SA	Voltaje de entrada	+ 5 VCD
Exactitud de tiempo	1 μ s sincronizado al tiempo GPS	Corriente (prom)	180 mA
Velocidad máxima	515 m/s	Comunicación serial	4800 baud
Aceleración	4g., máx	Protocolo de mensajes	NMEA 0183 v2.2
Altitud máxima	18,000 m	Dimensiones	72x42x12mm
Tiempo al primer arreglo	45/38/8 s	Masa	23 g
Temperatura operación	- 40 a +85		



"Receptor GPS 16 canales" UV-40

El receptor GPS de 16 canales UV-40 de Laipac es uno de los más pequeños en el mercado (25mm x 36mm x 7mm). El tamaño pequeño no interfiere con su funcionamiento, incluso el UV40 ofrece un desempeño superior a otros módulos en el mercado. Su tamaño compacto permite que funcione con 3.3V ya que requiere la muy poca energía para su operación. Tiene una opción para configurarlo con 2 LNA's que da al usuario la opción para utilizarlo con una antena activa o pasiva. Esto es una ventaja significativa para las aplicaciones donde se requiere de baja potencia y el tamaño pequeño es de extrema importancia.

ESPECIFICACIONES: Receptor GPS de 16 canales

- DGPS (GPS diferencial)
- Bajo consumo de energía.
- Pequeño y ligero

b) Antena GPS

Antena pasiva integrada 25x25x4mm GLP1-P1P



La antena pasiva de parcheo GPS es básicamente como el interior de una antena activa sin el amplificador de bajo ruido (LNA). Esta antena es el mejor complemento para el UV-40 que es el único módulo GPS con un LNA integrado. Esta antena tiene una frecuencia central de 1.575GHz con una impedancia de 50

ohms. Con masa de 9 gramos y mide 25mm x 25mm x 4mm.

- Eléctrico (tipo pasiva)
- Frecuencia central: 1.575 GHz
- VSWR: 1.5
- Ancho de banda: 20 MHz mín.
- Impedancia: 50.0
- Ganancia pico: 4dBic mín

c) Transmisor gsm o radio

"Transmisor Receptor de Voz y Datos a 2.4Ghz (Transceiver)" RF 2400 DV



Este transceiver de 8 canales es ideal para un variado rango de aplicaciones de sistemas de intercomunicación, seguridad, la telemetría, módem inalámbrico, beeper personal, redes locales inalámbricas, dispositivos handheld portátiles inalámbricos, etc. La base del transceiver puede enviar a 28kbps sobre más de 400 metros (1200 pies) a un número de estaciones alejadas. Aunque está previsto principalmente para usos de voz es posible que el usuario module datos codificando en DTMF o FSK.

Transceiver de 8 canales, 900 MHz voz y datos. RF 900 DV



Este transmisor-receptor de RF de alto rendimiento está diseñado para aplicaciones como sistemas de intercomunicación, seguridad, telemetría, módem inalámbrico, beeper personal, redes locales inalámbricas, dispositivos handheld portátiles inalámbricos, etc. En el rango de 1200 ft puede enviar datos a 100kbps o audio full dúplex con 16 canales disponibles para seleccionar. El uso básico es utilizando una base transmisor-receptor RF900DV (5V) para hablar con un transmisor-receptor remoto RF900DV (3.6V). La unidad base puede también hablar con una o más unidades alejadas que forman un esquema multi-drop. La selección del canal es simplemente por 4 pines de entrada.

d) Antena RF

WLP 900 RF & Cordless Phone Antenna" WLP 900 Mhz.



Estas antenas proporcionan distancia de operación máxima.

e) Canal de comunicación a estación base

De acuerdo con el transmisor/receptor, vía radio a una frecuencia de 900 MHz ó 2.4 GHz.

EN LA ESTACIÓN BASE:

a) Receptor/transmisor gsm o radio

b) Software con mapas

StarFinder AVL Software

Este software se puede manejar en sistemas windows 95/98/2000/Me/XP and NT.

Características principales:

- Soporta múltiples vehículos
- Listo para trabajar con MS MapPoint NA y Europa (versiones 2002 & 2004)
- Toma en automático los siguientes formatos de mapas: SHP (ArcInfo), TAB (MapInfo) AGF (AtlasGIS), DWG (Autocad).
- Acepta los siguientes formatos de mapas de rastreo y standard ESRI World File format: KAP (BSB nautical chart), SID (MrSID), TIF / TIFF / GeoTIFF, BMP (Windows bitmap), PCX (Paintbrush), TGA (Targa), PNG (Portable network graphics), ECW (ERMMapper)



c) Comunicación con policía y seguridad

Otras opciones:

"Localizador Automático Personal GPS AVL" S-911 Personal Locator



El localizador personal miniatura se basa en tecnología GSM/GPRS o radiolocalización bidireccional. Ofrece un diseño compacto y un bajo consumo de energía para aumentar la operación de la batería recargable. El botón de emergencia permite comunicarse en tiempo real con la policía, el centro de control o personal autorizado. La unidad se puede programar para cumplir ciertos requisitos.

GPS Compact Flash Card GPS Receiver" TF30-CF Card GPS



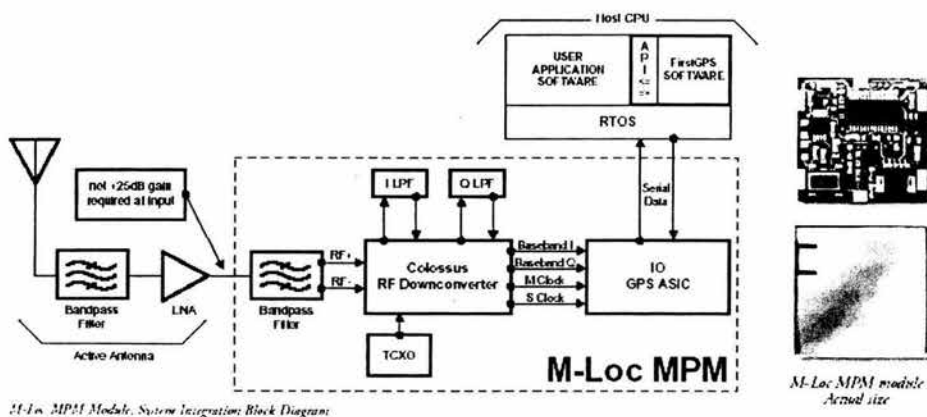
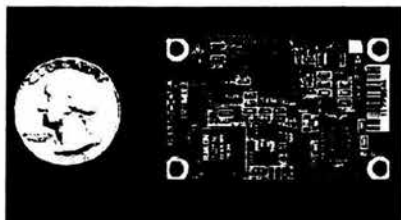
El TF30-CF se puede utilizar como un localizador GPS ordinario de tiempo real. Satisface una amplia variedad de usos para la navegación vehicular, seguimiento, deporte y entretenimiento. Crea un sistema de navegación portátil cuando se conecta una computadora portátil con un sistema operativo Windows CE.

El TF30-CF es un producto terminado, viene con una antena activa incluida y todos los componentes necesarios que conforman un paquete pequeño listo para ser usado con una antena adicional. Basado en el chipset SiRF Star II fabricado por SiRF Technology, Inc., el TF30-CF tiene todas las características y especificaciones técnicas de la arquitectura del SiRF Star II. Es un receptor completamente autónomo para GPS.

Dentro del paquete, el módulo del TF 30 proporciona el procesamiento completo de la señal GPS de la entrada de la antena a la salida serial de datos. Opera con 3.3 V.

Módulo plataforma de medida para aplicaciones móviles de Trimble FirstGPS

El módulo M-Loc MPM de Trimble es una plataforma de medición que añade la tecnología GPS de localización a su producto móvil en menos espacio físico, con menor consumo de energía y el menor costo posible. El módulo M-Loc es el primer producto comercial donde se ha implantado la arquitectura FirstGPS de Trimble, el M-Loc tiene un consumo tanto de energía como de espacio mucho menor que el resto de sus competidores, requiere un menor tiempo de integración y por ello brinda al diseñador de sistemas un costo total mucho menor que un chipset básico.



El módulo M-Loc MPM está específicamente diseñado para aplicaciones móviles cuya dependencia de batería sea crítica tales como telefonía móvil, radiolocalizadores, PDAs, cámaras digitales, sistemas de navegación para automóviles y muchas otras.

Características más importantes

- Menor consumo de energía (34.7 mW)
- Menor tamaño (25mm x 25 mm)
- Excelentes prestaciones GPS
- Librerías software altamente eficientes (*host-based*)

Arquitectura FirstGPS

La arquitectura FirstGPS consiste en principio en dos circuitos integrados y el software FirstGPS. Esto proporciona una plataforma de medida que cumple con el seguimiento intensivo de la señal GPS y las tareas de procesamiento de la señal y permite al software residente en el microprocesador principal del dispositivo calcular soluciones a la posición actual, velocidad y tiempo (PVT) a su propio ritmo sin alterar la ejecución de las otras tareas concurrentes en el dispositivo.

Independencia

La arquitectura es independiente del CPU y del Sistema Operativo (OS) y necesita únicamente 2 MIPS del procesador principal durante el seguimiento y 4 MIPS durante la adquisición de la señal.

Hardware

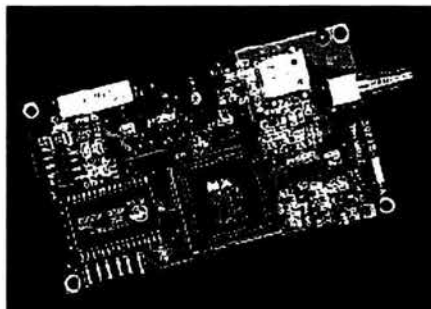
El módulo M-Loc MPM contiene esta arquitectura en un pequeño tamaño de fabricación, aproximadamente 25mm x 25mm (1in²) y un consumo típico de energía de 34.7 mW. El consumo total de energía, incluyendo la antena miniatura Trimble de 3.3V es de 68 mW. El módulo es una tarjeta en miniatura conteniendo el hardware GPS principal basado en el RF ASIC *Colossus*® de Trimble y el IO-S procesador digital de señal (DSP) ASIC. La tarjeta está encapsulada en un escudo de RF para eliminar el riesgo de interferencias y ruido en su diseño. El módulo proporciona la captación de la señal GPS y envía datos a través de su propio puerto serie al procesador principal del dispositivo, ejecutando el software FirstGPS. El software calcula entonces la solución de Posición, Velocidad y Tiempo (PVT) requerida por la aplicación principal.

El módulo M-Loc MPM es compatible con las antenas activas de 3.3V. Trimble tiene disponible una antena activa miniatura y es la que recomienda como fabricante del módulo. La antena se suministra sin carcasa para facilitar su integración en aplicaciones móviles.

Software

El software FirstGPS controla la operativa del módulo M-Loc MPM y del trabajo de la plataforma de navegación basada en el procesador principal del dispositivo. El software FirstGPS es la primera arquitectura basada en el procesador del dispositivo disponible hoy día que permite una flexible integración del GPS con otras tareas en tiempo real. (La palabra *First* en el nombre es un acrónimo de Flexible Integration of Real-time Software Tasks.)

El software FirstGPS corre en el CPU principal del dispositivo y proporciona acceso a la información GPS por medio de un API (Application Programming Interface). Una simple llamada a la función API devuelve la información GPS solicitada. El software FirstGPS toma a su cargo las tareas de interfase con el módulo M-Loc MPM. No se requiere un protocolo serie para la aplicación del usuario. La aplicación del usuario tiene prioridad sobre el software FirstGPS y no existen interrupciones críticas en el tiempo para el hardware GPS. El software FirstGPS puede sobrevivir en periodos de hasta cinco segundos en los cuales la aplicación del usuario tenga el control completo del CPU. La aplicación del usuario puede tratar al software FirstGPS como una simple extensión del sistema operativo.



VI.4.3 Análisis del mercado

Este sistema de localización puede ser una opción de seguridad de acuerdo con los sectores de mercado que se observarán a continuación. Antes, observemos qué opciones se tienen en el mercado:

Cables:

Uno de las más baratas y efectivas soluciones para detener a los ladrones, es colocando un cable de seguridad a la laptop.

Aproximadamente el 80 por ciento de las laptops, que actualmente se producen, vienen con un lugar en el que se puede colocar el cable de seguridad al chasis del equipo.

Si no tiene un puerto universal de seguridad, se puede usar un cursor adhesivo, al que se le puede conectar el cable. Muchos vendedores electrónicos, usan ciertas formas de sensores de contactos adhesivos en muchos de sus modelos de muestra, para prevenir el robo de sus mercancías.

Cajas de Seguridad para laptops

Otro método efectivo para proteger la inversión, es usar una caja de seguridad para laptop. Paradise Systems vende un producto llamado caja fuerte para carros, que está diseñada para proteger los bienes, mientras que son transportados o almacenados en la cajuela del auto. Para el viajero que se transporta de oficina en oficina, Anchopard Security ofrece una caja fuerte que se puede adherir confiablemente a cualquier superficie del espacio de trabajo. Como un plus, cuando la laptop está dentro de esta caja fuerte, no se pueden robar el CD-ROM ni tarjeta de red. Un lujo que no se tiene cuando se usa simplemente un cable de seguridad. Finalmente si las laptops se mantiene en la oficina de noche, se debe considerar el adquirir una caja fuerte más sofisticada para guardarlas.

Soluciones Tecnológicas.

Sensores de movimiento y alarmas.

Las compañías de seguridad para laptops han creado alarmas para computadoras portátiles.

Mientras que el mecanismo de señales de un sistema de alarma es usualmente el mismo, los mecanismos que se activan son a la vez variados y especializados. Track It Corp. tiene un producto que crea una zona de separación máxima alrededor del usuario y su laptop. La idea es simple, si alguno de los dos el usuario o la computadora va mas allá de su zona de separación máxima la alarma se activará. Una vez que el usuario y la laptop estén otra vez dentro del rango de separación normal la alarma parará de sonar.

Este método es especialmente útil en áreas con mucha gente como aeropuertos o estaciones de tren, en los que normalmente sería bastante difícil rastrear la computadora robada. Desafortunadamente, restricciones en la fuerza de transmisión como susceptibilidad de interferencia del ambiente, como ondas de radio o fuertes fuentes electromagnéticas, reduce la utilidad de este producto a las áreas libres de estos obstáculos. Falsas alarmas causadas por caminar por una zona muerta, no solo molestarán a quienes están junto al usuario, sino que también le volverán confiado y descuidado cuando se active la alarma.

Otra posibilidad es comprar una alarma que solo se basa en el movimiento del objeto al que está adherida. Fellowes, provee justo un artículo como éste, que los usuarios pueden adherir a su máquina. Si al objeto al que la alarma está adherida se mueve ésta sonará. Solo si se tecldea la clave de tres dígitos, la alarma se desactivará, esto en caso de robo solo si se recupera el objeto robado.

Una tercera opción es la tarjeta antirrobo PCMCIA de Caveo. Que pasivamente monitorea la posición de la laptop. Si el sistema está armado, y los sensores detectan que la computadora ha sido movida de su zona designada para trabajar, muchos eventos pueden ocurrir. Claro que una alarma puede sonar (si es que ha sido habilitada), pero sobre todo, Caveo puede apagar y bloquear efectivamente la computadora impidiéndole activarse sin una adecuada acción de autenticidad. Puede también opcionalmente asegurar las claves para los archivos encriptados, la tarjeta antirrobo contiene sensores de movimiento que monitorean el ángulo y velocidad de la

laptop, usando estos extremadamente sensitivos sensores los usuarios pueden crear un único password de muestra, que puede ser usado para armar y desarmar el sistema.

Biométricas

Mecanismos de autenticidad biométricas pueden ser usados para reemplazar o suplir a los passwords en la mayoría de los sistemas operativos, la idea que está detrás de la biométrica es la de usar lo único de ciertas características del usuario como el patrón retinal, las huellas digitales o hasta las características de teclado para acertadamente identificar y autorizar a los usuarios, este tipo de unidad se proveerá de un hardware de nivel de autenticidad que será requerido aún antes de que la máquina empiece a funcionar.

Según vayan bajando los costos de los aparatos de autenticación biométrica y también más portátil será concebible que cada laptop venga con uno o dos scanners biométricos, por ejemplo huellas digitales y patrón retinal. Aunque la tecnología biométrica actual deja algo que desear, las huellas digitales pueden ser duplicadas, los patrones de voz pueden ser falsificados con una grabadora decente, los scanners retinales son certeros pero requieren de mucho tiempo y las muestras de DNA están lejos de ser prácticas. Tamaño, velocidad y costo, son preocupaciones que deben ser tomadas en cuenta antes de que esta tecnología se pueda volver más comercial. Y claro, si este tipo de tecnología evoluciona a tal punto que pueda ser altamente implementada será en ese tiempo cuando sea puesta a prueba por hackers y ladrones de verdad tratando de ganar acceso inautorizado. Innecesario decir si los mecanismos de autenticidad o autenticación son fáciles de traspasar son inservibles.

VI.4.3.1 SEGMENTACION DEL MERCADO

EDUCATIVO:

Estudiantes de universidades como TEC, ANAHUAC, etc., donde el uso de computadoras portátiles es prácticamente obligado.

La Anáhuac en Cifras a Diciembre 2003

POBLACIÓN ESCOLAR

Fundada en 1964 con dos programas de licenciatura y 48 alumnos, la Universidad Anáhuac es hoy una de las Instituciones educativas del país que ofrece a cerca de 5,000 alumnos en licenciatura y a 1,130 alumnos de Posgrado a través de 22 programas de licenciatura, 14 especialidades, 28 maestrías y 8 doctorados.

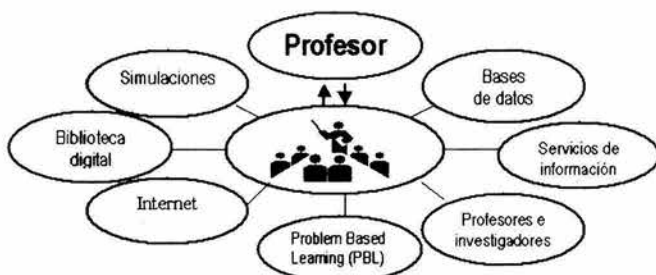
PROGRAMA DE EQUIPAMIENTO PORTÁTIL EN EL ITESM

Los cursos del modelo educativo se ofrecen a través de las plataformas tecnológicas que tiene el Instituto, tales como: Blackboard, Webtec. A estas plataformas se tiene acceso de manera local o a través de Internet. Algunas de las ventajas de tomar un curso en el modelo educativo utilizando las plataformas tecnológicas son:

- Mayor calidad y cantidad de información.
- Acceso de datos e información actualizada.
- Interacción con estudiantes, profesores y expertos que incluso pueden encontrarse en otros lugares del país o del mundo.
- Facilita la comunicación, orientación y solución de dudas con alumnos y con el profesor.
- Contribución a un aprendizaje efectivo y colaborativo.
- Hace posible desarrollar proyectos comunes con alumnos y profesores de otros campus o universidades del país y del extranjero, sin importar las diferencias de tiempo y distancia.
- Aunado a todo lo anterior se ofrece el uso de discos compactos, vídeos, simuladores y bases de datos, entre otros elementos que complementan los cursos

La biblioteca digital es un recurso que proporciona a sus estudiantes una colección electrónica virtual a través de redes de la academia. Cuenta con un sistema de catálogo común a las

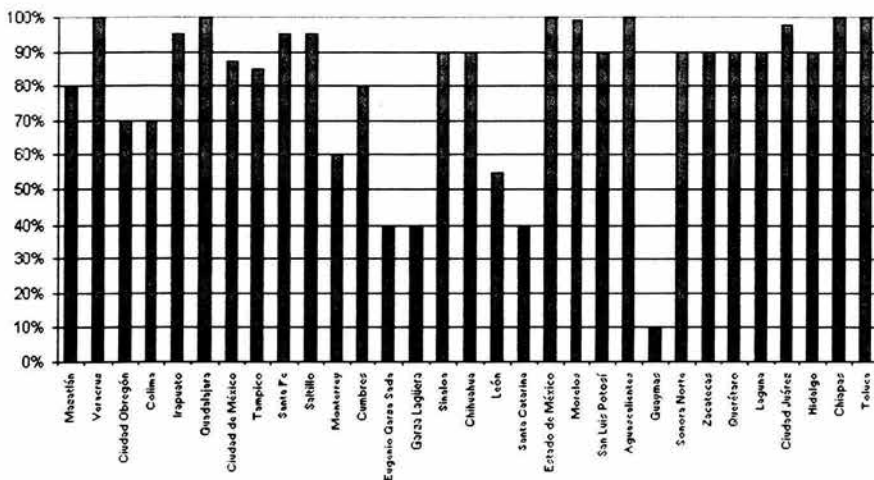
bibliotecas que forman parte del Sistema ITESM, a éste se agregan servicios como: renovación del material, información sobre el estado del préstamo, multas, búsqueda de libros, revistas, videos y/o CD-ROM en todos los el campus consolidando el préstamo interbibliotecario.



Paralelamente al Programa de Equipamiento Portátil para Alumnos, el Instituto desarrolla su infraestructura tecnológica, de modo que los alumnos tengan acceso electrónico a través de su computadora portátil a los diferentes servicios que ofrece.

Para lograr un máximo aprovechamiento de sus recursos, en todos los campus del Sistema se instalaron servidores, puertos de conectividad y nodos de red, tanto alámbricos como inalámbricos, en lugares como biblioteca, pasillos, jardines y barras especiales permitiendo al estudiante flexibilidad en la conectividad dentro del Tecnológico de Monterrey y en el acceso a Internet e Internet 2. (Proyecto conjunto entre universidades, entidades gubernamentales y socios comerciales, comprometidos con el desarrollo de tecnología vital para la investigación y la educación.)

% de Cobertura de red inalámbrica



Fuente: Indicadores Mayo 2002, Vicerrectoría Tecnologías de Información

Última actualización 18 de mayo de 2004 por webdi.cem@servicios.itesm.mx

A continuación se listan las características técnicas con las que debe de contar el equipo portátil que el Tecnológico de Monterrey recomienda durante el periodo junio 2004-mayo 2005.

Características:

Procesador- Un procesador Intel Pentium M a 1.4 Ghz, es el recomendado para el uso académico del Tecnológico de Monterrey.

Memoria RAM -. Se recomienda que se cuente al menos con 512 Mb (Mega bytes).

Disco Duro - Es recomendable un disco de al menos 40 Gb (Giga bytes).

Pantalla – Se recomienda la matriz activa TFT, 1024 X 768, en cuanto al tamaño se sugiere de 14.1".

Tarjeta de red - En los campus ya se cuenta con el servicio de acceso inalámbrico y brinda mayor flexibilidad para el alumno, por lo que si se cuenta con ambas opciones se tiene un mayor provecho en el acceso a la red, las sugerencias son: 10/100 (alámbrica), WaveLAN/IEEE 802.11b a 11Mb (inalámbrica).

Módem - de 56 kbps.

Disco duro removible- Flash Memory. Se recomienda uno de 32 Mb por lo menos.

Unidad de CD-ROM/CD-RW/DVD - Una velocidad recomendable es la de 24x.

Sistema Operativo- Microsoft Windows XP Profesional en español o en Inglés.

Accesorios o servicios:

Candado de seguridad: Es recomendable contar con un candado que nos permita dejar sujeta la computadora a un mueble. Esto no elimina la precaución que cada persona debe tener con sus pertenencias.

Seguro: Hay que preguntar si lo incluye, en caso que no este incluido en el costo del equipo se recomienda adquirir uno. Es necesario averiguar la cobertura de éste.

Con las características mencionadas, los costos de los equipos oscilan entre los \$18,000.00 y los \$25,000.00 sin incluir los accesorios o servicios.

EMPRESARIAL

Otro sector de mercado es el de empresarios que viajan mucho y usan sus computadoras personales en lugares públicos o tienen que transportarlas continuamente.

Las computadoras portátiles se han vuelto parte importante del arsenal computacional. Permiten a los usuarios poderosos equipos portátiles con la misma capacidad y programas que muchas computadoras de escritorio. También nos permiten conectarnos, aun fuera de la oficina, liberando a las personas para llevar su espacio de trabajo con ellos. Estas cualidades son extremadamente valiosas, para empleados que deben viajar constantemente y además mantener una estrecha comunicación con sus oficinas. Desafortunadamente, la movilidad, tecnología e información que hacen de las laptops una herramienta tan eficiente para los empleados y organizaciones, también las hacen valiosas para los ladrones. Conscientes del hecho de que no importa lo que hagan los usuarios, el robo de equipos portátiles, siempre será una posibilidad

En 1998, 520 expertos en seguridad respondieron a un sondeo del Instituto de seguridad computacional, dando como resultado, que el robo de laptops quedó en segundo lugar junto a los virus considerados los más grandes crímenes computacionales que hay. De acuerdo con un grupo asegurador de equipos "aproximadamente 387,000 equipos portátiles fueron robados en el 2000, además se estimó que al menos 57% de los negocios tuvieron pérdidas por robo de laptops.

VI.4.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos de los componentes del sistema pueden variar de acuerdo al fabricante, pero éste es un aproximado de los costos:

MATERIALES:

GPS PC

Antena	GLP1 – P1P	\$ 8.00 USD
Receptor	UV-40 (16 canales)	\$75.00 USD
Cables	Cableados de interfase	\$ 5.00 USD
Accesorios	Conectores de adaptación	\$ 3.00 USD
- Subtotal:		

RF PC

Tranceptor	RF 2400 DV	\$ 31.00 USD
Antena		
Cables	Cableados de interfase	\$ 5.00 USD
Accesorios	Conectores de adaptación	\$ 3.00 USD
- Subtotal:		

GPS BASE

Software de monitoreo
Sistema de control
- Subtotal:

RF BASE

Tranceptor	RF 2400 DV	\$ 31.00 USD
Antena		
Cables	Cableados de interfase	\$ 5.00 USD
Accesorios	Conectores de adaptación	\$ 3.00 USD
- Subtotal:		

OTROS COSTOS:

PC

Instalación del sistema
Tiempo aire RF mensual

BASE

Personal operativo de sistema de control y monitoreo
Tiempo aire RF
Sistema de comunicación con autoridades
Costos indirectos

- Renta de edificios (instalaciones)
- Equipo de cómputo
- Equipo de pruebas
- Accesorios, interfaces
- GPS de referencia

Costo fijo del equipo por unidad:
Costo de diseño del sistema
Costo prorrateado del equipo

VI.4.3.3 PROPUESTA DE MERCADEO

MODALIDAD DE COMPRA TOTAL.

El costo para el usuario sería de \$ 4,500.00 iniciales que incluye el equipo, la instalación y un periodo de tiempo aire.

El costo mensual del tiempo aire sería de \$ 400.00

Renta mensual de \$ 200.00

ARRENDAMIENTO

Otra opción sería un arrendamiento en el cual el usuario paga un costo mensual menor al de compra total, que cubre una renta temporal, los costos de instalación y un periodo de tiempo aire.

SERVICIOS ADICIONALES

Cambio del sistema a una nueva computadora portátil

Instalación de algún dispositivo de control y seguridad adicional

Actualización del sistema por versiones mejoradas con cambio del sistema anterior

Para que la inversión sea rentable en un mediano plazo, es recomendable que la empresa que ofrezca el sistema sea la misma que haga el monitoreo y control de los usuarios, que ofrezca el servicio de instalación y considere ofrecer accesorios de seguridad para las computadoras portátiles.

Además de desarrollar otras aplicaciones bajo el mismo esquema para optimizar el uso de su base de control y monitoreo, puede representar a la empresa fabricante de los componentes para la venta de los equipos OEM en otras aplicaciones, fomentando el desarrollo de estos sistemas en México.

FABRICANTES DE EQUIPOS Y COMPONENTES:

MATSUSHITA ELECTRONICS

Antenas para GPS

Representante en EUA Aromat corp. (www.aromat.com)

MOTOROLA (www.motorola.com/files/GPS/products)

Antenas y Chips (Instant GPS)

TRIMBLE (www.trimble.com/gps)

Antenas, Sistemas LAV, Chips, Tarjetas, Relojes de alta precisión (atómicos), sistemas de comunicación, DGPS, sistemas y receptores GPS.

Dealers en EUA, Alemania, Inglaterra, Nueva Zelanda, Suiza.

LOWE ELECTRONICS (www.lowe-electronics.com)

Antenas, distribuidor de receptores (Garmin) y radios

En Europa

TRI-M (www.tri-m.com/products/gps.html)

Módulos para receptores GPS (Precision Navigation) y receptores Royal Teck.

En Canadá y EUA a través de puntos de venta.

LAIPAC TECH (<http://www.laipac.com/>)

Canada

ESTIMADO DE MERCADO POTENCIAL:

Costo promedio por equipo \$ 400.00 USD

Consumo anual 240 pzs = \$ 96,00.00 USD

Capítulo 7

CONCLUSIONES



VI. CONCLUSIONES

La tecnología estaba disponible, pero no existía mercado, por desconocimiento de la existencia de los posibles clientes y, lo que es más importante, la mayoría de los potenciales clientes, consideraban que el tener conocimiento de la situación de sus vehículos en tiempo real, era una información relevante, pero que no justificaba, por sí sola, la inversión necesaria, especialmente en el segmento embarcado en los vehículos. Ello provocó frustración y desaliento en las empresas desarrolladoras que se habían visto obligadas a invertir importantes recursos, no ya en investigación y desarrollo, sino también en educar a un mercado no preparado para consumir tales productos, y no veían recompensados sus esfuerzos de inversión.

Pero ¿quienes son los clientes potenciales de estos sistemas? En principio, todo elemento susceptible de desplazarse por tierra, mar o aire y dotado de una fuente de alimentación. Así se inició la aproximación comercial a los sectores de transporte de mercancías (especialmente el internacional) transporte de pasajeros urbanos e interurbanos (los Sistemas de Ayuda a la Explotación o SAEs), servicios al ciudadano (policías, bomberos, asistencias sanitarias de urgencias, limpiezas, servicios 112 o similares, grúas de retirada de vehículos, etc.), maquinaria de mantenimiento de carreteras, vehículos quitanieves, sistemas de recuperación de vehículos o maquinaria robados, vehículos medio ambientales, y un largo etcétera que se incrementa de día en día, merced a la difusión pública que está alcanzando este tipo de tecnologías.

Recientemente, han surgido noticias relativas a la incorporación de soluciones de localización para personas, comenzando por ciertos colectivos en los que se han identificados riesgos específicos, como montañeros, enfermos de Alzheimer, invidentes, personas objeto de malos tratos, etc.

A pesar de este interesante sumario de prestaciones, el grado de penetración de estos productos en el mercado ha sido muy pequeño hasta el momento actual.

Las explicaciones a tal hecho pueden ser muy diversas, pero sin duda no son ajenas las siguientes:

- las empresas han dedicado sus mayores esfuerzos al desarrollo de productos, más que al análisis previo de necesidades y a la comercialización,
- el esfuerzo de comercialización tuvo que dedicarse, en un primer momento, a educar a un sector profesional ajeno totalmente a las nuevas tecnologías,
- tras la inicial y agradable sorpresa que supuso la aparición de esta nueva tecnología, vino el desencanto de los usuarios, producido por la confirmación de que aquello, por sí solo, no mejoraba la cuenta de resultados de las empresas,
- los relativamente elevados, costos del componente embarcado en el móvil, que llevó a los clientes a postergar sus decisiones de compra, a la espera de una disminución de precios (una constante presente en el mundo de hardware de consumo a gran escala, pero que no se da en la fabricación a pequeña escala, como es este caso).

Ante tal situación, algunas empresas comprendieron que debían aprender del mercado, en lugar de tratar de imponer sus soluciones, naciendo así el término de Sistemas de Gestión de Flotas, en un intento de aproximar las posibilidades técnicas de tales sistemas a las necesidades reales de los clientes.

El mundo de GPS ha sido el componente más estable del sistema más aún, con la desaparición de la disponibilidad selectiva.

Es en el componente hardware de GPS, donde se han producido y se producirán, importantes avances, estando disponibles actualmente receptores OEM comerciales de tamaño menor al de una cajetilla de cerillas.

La cartografía, con más de 15 años de evolución, no es el motor del sistema, sino más bien, algo secundario, que continuará beneficiándose de la permanente evolución de la informática (hardware y software).

Las comunicaciones inalámbricas pasarán del GSM a GPRS y posteriormente a la tercera generación de telefonía móvil, con un incremento importante en velocidad, compatibilidad de distintos sistemas, etc., suponiendo un salto similar al que representa el paso de TDMA a GSM.

En el entorno radio, aparecerá el TETRA, como integración del trunking digital en Europa.

Finalmente, los datos obtenidos por tales sistemas (bien sean almacenados en modo local en los propios equipos de a bordo, o transmitidos vía comunicaciones a un centro de gestión de flotas) pueden ser integrados en bases de datos del cliente, para la explotación por sus herramientas informáticas de gestión.

En definitiva, desde el punto de vista tecnológico, los sistemas de gestión de flotas presentan una madurez más que razonable (con independencia de que existan algunas excepciones que no alcancen este grado de madurez).

Sin duda, el futuro está en la plena obtención de la satisfacción del cliente, a través del cumplimiento de los requerimientos establecidos o esperados por él.

En el sector se ha experimentado una situación similar al mercado de GIS en los años 90. La tecnología estaba disponible, pero los clientes no parecían beneficiarse de ella, en la medida en que los fabricantes les habían anunciado.

Esa parece ser la situación del sector de la Gestión de Flotas de Vehículos y el objetivo de las empresas desarrolladoras, el salir de esta situación dando satisfacción a las demandas actuales y futuras de los clientes.

¿Cómo conseguir ese objetivo? En primer lugar, se producirá una selección natural de las empresas fabricantes. De estas empresas, algunas ofrecen una presencia meramente especulativa en el sector, otras han sido atraídas por el reto tecnológico, sin que exista un verdadero proyecto empresarial detrás y finalmente existe un reducido grupo de empresas con decidida vocación de continuidad, que han efectuado importantes inversiones en desarrollo de software, así como en diseño y fabricación de equipos embarcados en los móviles y que son precisamente las que están adaptando sus productos a necesidades concretas de distintos sectores.

El mecanismo utilizado para ello, viene siendo una constante: a partir de un primer cliente, que hace de pionero en su sector, se establecen unos requerimientos específicos para su actividad, se efectúan las adaptaciones necesarias, y una vez conseguida la satisfacción de ese cliente, desde esa plataforma publicitaria, se exporta la solución a otros clientes del sector.

Esto está ocurriendo ya en ciertos sectores, como el del transporte frigorífico, ambulancias, limpiezas, grúas municipales, etc. y es de esperar que se amplie al resto de actuales sectores de usuarios, así como a los muchísimos nuevos campos de aplicación que están surgiendo día a día, como los presentados.

Concluimos pues, que la integración de los sistemas de comunicación en diversas aplicaciones prácticas, es factible de realizar tal como se expone en los cuatro casos mencionados en este trabajo, de los cuales uno ya está en funcionamiento a nivel mundial y también en México, el sistema LAV. El objetivo próximo para estos sistemas será la reducción en costo, tamaño del equipo y propiciar el uso masivo.

Para los sistemas de control de semáforos, existen pocas ciudades que lo aplican en Latinoamérica, incluyendo México. En este caso, la oportunidad de introducción e instalación de estos sistemas es amplia, sobre todo en estos momentos que se pretende sustituir los semáforos de lámparas incandescentes por lámparas de led's. Una misma empresa podría tener ambas soluciones, las lámparas de led's y el sistema de control de semáforos ofreciendo así ventajas competitivas.

En el caso de las alarmas vehiculares con activación vía radio, el potencial de la aplicación depende directamente de la evolución del servicio de radiolocalización. Dado que la demanda de dicho servicio disminuye gradualmente por el uso masivo de la mensajería celular SMS; las frecuencias asignadas para el servicio de radiolocalización podrían enfocarse a las aplicaciones de envío de señales de activación de sistemas remotos tal como es el caso de la alarma vehicular.

Y la localización de computadoras portátiles se vuelve una aplicación potencialmente comercial y factible de integrar en México en una empresa con la capacidad de importar la materia prima, desarrollar prototipos, ensamblar los equipos, contactar a los clientes potenciales bajo una estrategia de negocios que le permita ofrecer al usuario el servicio de acuerdo a las propuestas de mercadeo mencionadas y mantener una labor de investigación en el sector para evolucionar las soluciones de acuerdo a las tecnologías emergentes, como los sistemas celulares, los sistemas GPS, etc... que son los elementos fundamentales de la solución.

Adicional a la parte técnica del trabajo desarrollado, puedo decir que la formación universitaria nos permite poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, para ofrecer soluciones a problemas cotidianos que se presentan en nuestro país, en base al ejercicio de la profesión, a la continua actualización de conocimientos, a la consideración del criterio del ingeniero, basado en los conocimientos adquiridos y a la interacción con otros profesionales que formen parte del proyecto a realizar.

REFERENCIAS



REFERENCIAS

Gandus, L.: Tendencias en radiobúsqueda de gran alcance. Ericsson; Review 71 (1994);

SISTEMA T – un sistema modular para radiobúsqueda de gran alcance; (Arne Persson. Ericson Review, No.3, 1995)

WIRELESS DIGITAL COMMUNICATIONS; Modulation and Spread Spectrum Applications; Dr. Kamilo Feher, Prentice Hall PTR, New Jersey 1995

WIRELESS AND PERSONAL COMMUNICATIONS SYSTEMS; Vijay K. Garg, Joseph E. Wilkes ATT; Prentice Hall PTR New Jersey 1996

SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS 2ª Edición; Wayne Tomasi; Prentice Hall Hispanoamericana México 1996

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN; Ferrel G. Stremier, Alfaomega Colombia 1989

TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, MODULACIÓN Y RUIDO; Mischa Schwartz

G.P.S.; Núñez-García del Pozo, Alfonso, Valbuena Durán, José Luis y Velasco Gómez, Jesús; Ediciones Ciencias Sociales.

Revista RED; La Comunidad de Expertos en Redes; Varios tomos.

www.motorola.com

www.iridium.com

www.nec.com

www.syscom.com

<http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>

<http://stugyro.stanford.edu/relativity/gpb/systems/gps.html>

<http://www.jpl.nasa.gov/>

<http://www.rssi.ru/sfcsic/glonass.html>

<http://www.laafb.af.mil/smc/cz/homepage/>

<http://wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/qcraft/notes/gps/gps.html>

<http://www.ngs.noaa.gov/~efrey/gps-nav.htm>

<http://www.navtechgps.com/tutor1.htm>

<http://satnav.atc.ll.mit.edu/>

<http://www.laipac.com/index.htm>

<http://www.tecnogps.com/ace.htm>

http://www.itesm.theos.com.mx/info_thinkpad.asp

<http://www.portatiles.itesm.mx/robolaptop.html>