

22



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMAS ABIERTOS DE RADIO
TRONCALIZADO DIGITAL

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
P R E S E N T A :
ALVARO MONROY RIVAS

ASESOR: ING. JESUS REYES GARCIA



México, D.F.

SEPTIEMBRE DE 2002

TELIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis Padres

Quienes hicieron hasta lo imposible para brindarme su apoyo y comprensión, por que sé que en mis noches de vela nunca estuve solo, siempre estuvieron conmigo mostrándome su cariño y amor. Gracias Pau, gracias Trini, por haberme dado la herencia más valiosa que pude haber recibido, nunca podré recompensar todo lo que han hecho por mí. Espero que estén orgullosos de este su segundo triunfo. Los amo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Especialmente a la Facultad de Ingeniería por haber sido como una segunda casa, gracias por haber permitido estar en tus aulas para poder llegar a ser una persona digna.

A ti Erika

Gracias Eri por todo tu cariño y comprensión, quiero que este logro también lo consideres tuyo.

A mis Hermanos

Gracias Elvia por tu cariño y apoyo incondicional, te quiero mucho. Y ahora solo faltas tú. A ti Toño por ser un buen ejemplo a seguir, sí que has sabido ser el hermano mayor. Muchísimas gracias a los dos.

Al Destino

Gracias por haberme permitido nacer en este lugar y en esta época. Y sobre todo gracias por haberme puesto en la mejor familia del mundo.

A mis Amigos

Gracias por todos esos momentos, buenos y malos, que pasamos juntos. Fosi gracias por tu amistad en todos estos años, espero que esto sea para siempre.

A mi Asesor

Gracias por toda su ayuda en la realización de este trabajo.

A mis Profesores

Gracias por todos sus conocimientos y experiencias brindadas. Ing. Torres H. Gracias por haberme enseñado a ver la vida de una mejor manera.

ÍNDICE

Introducción	vi
Capítulo I. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS PMR (Radio Móvil Privado)	1
1.1. BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN	1
1.2. TIPOS DE REDES	3
1.2.1. Redes sin Infraestructura	3
1.2.2. Redes con un Solo Sitio	3
1.2.3. Redes Multisitio	4
1.2.4. Redes de Área Amplia	6
1.3. CATEGORÍAS POR USUARIO	6
1.3.1. Individual	7
1.3.2. Grupo	7
1.3.3. Flotilla	7
1.3.4. Sistema	7
1.4. CATEGORÍAS GENERALES	7
1.4.1. Técnicas Tradicionales	7
1.4.2. Trunking	8
1.5. CATEGORÍAS DE ACUERDO A SU OPERACIÓN	9
1.5.1. Redes Controladas por un Operador	9
1.5.2. Redes Privadas	9
1.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS	10
1.6.1. Half Duplex	10
1.6.2. Tiempo de Establecimiento de Llamada	10
1.6.3. Costo	10
1.6.4. Confiabilidad y Disponibilidad	11
1.6.5. Seguridad de los Terminales	11
1.7. SERVICIOS OFRECIDOS	11
1.7.1. Voz y Datos	11
Capítulo II. SISTEMAS PMR CONVENCIONALES	13
2.1. ARQUITECTURA DE REDES DE RADIO CONVENCIONALES	13
2.1.1. Redes Simplex	14
2.1.2. Redes Half Duplex	14
2.2. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN	16
2.3. DESVENTAJAS DE LAS REDES CONVENCIONALES	20
Capítulo III. SISTEMAS TRUNKING	22
3.1. HISTORIA DE LOS SISTEMAS TRUNKING	22
3.2. EFICIENCIA DEL MÉTODO TRUNKING	23
3.2.1. Acceso más Rápido al Sistema	24
3.2.2. Buena Eficiencia de Canal	24
3.2.3. Privacidad	24

3.2.4. Diferentes Tipos de Comunicación	24
3.2.5. Uso de una Cola de Espera	24
3.2.6. Reintento Automático	25
3.2.7. Niveles de Prioridad	25
3.2.8. Expansión Flexible	25
3.2.9. Actualización Continua de Asignación	25
3.2.10. Organización de Llamada de Usuario	25
3.2.11. Fallas Suaves	25
3.3. ARQUITECTURA DE UN SISTEMA TRUNKING	25
3.3.1. Infraestructura Fija	26
3.4. SERVICIOS DE LLAMADA Y DE SISTEMA	29
3.4.1. Roaming	29
3.4.2. Gestión de Llamadas	29
3.4.3. Puesta en Cola de Espera y Prioridades de Llamadas	29
3.4.4. Temporizadores de Llamada Flexibles	29
3.4.5. Diferentes Tipos de Llamada	29
3.5. SEÑALIZACIÓN	29
3.5.1. Protocolo de Estructuración de Llamada en MPT 1327	30
3.5.2. Canales de Señalización	31
3.6. INGENIERÍA EN SISTEMAS PMR TRUNKING	34
Capítulo IV. SISTEMAS CERRADOS DE RADIO MÓVIL TRONCALIZADO	36
4.1. SISTEMA EDACS	36
4.1.1. INTRODUCCIÓN	36
4.1.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE EDACS	37
4.1.3. ARQUITECTURA DE SISTEMA	38
4.1.3.1. Gestor de Sistema	39
4.1.3.2. CEC/IMC	39
4.1.3.3. Director del Sistema de Comunicaciones	39
4.1.3.4. Interfaz del Usuario Gráfica (GUI)	40
4.1.3.5. Interfaz Convencional (CI)	40
4.1.3.6. Interfaz de Red Convencional (CNI)	40
4.1.3.7. C3 Maestro, Consola de Despacho	40
4.1.3.8. Controlador de Sitio	41
4.1.4. CONFIGURACIONES DE EDACS	41
4.1.4.1. Diseño Modular	42
4.1.4.2. EDACS como un Sistema de Varios Receptores (VOTED)	47
4.1.4.3. EDACS como un Sistema Simulcast	47
4.2. SISTEMA TETRAPOL	48
4.2.1. INTRODUCCIÓN	48
4.2.2. DEFINICIONES	48
4.2.3. ARQUITECTURA DE RED	50
4.2.3.1. Modelo de Referencia	51
4.2.3.2. Modo de Red	51
4.2.3.3. Modo Repetidor	52
4.2.4. MODO REPETIDOR	52
4.2.4.1. Codec de Voz	52
4.2.4.2. Interfaz Inter Sistemas (ISI)	53

4.2.4.3. Principales Características de Radio	53
4.2.4.4. Interfaz de Aire	53
4.2.5. SERVICIOS DE RED	53
4.2.5.1. Modo de Red	53
4.2.5.2. Teleservicios de Voz	54
4.2.5.3. Servicios de Datos	54
4.2.5.4. Teleservicios	55
4.2.5.5. Servicios Suplementarios (SS)	55
4.2.5.6. Aplicaciones	57
4.2.6. PROCEDIMIENTOS DE RED	57
4.2.7. PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD	58
4.2.8. SERVICIOS EN MODO DE REPETIDOR	59
4.2.9. SERVICIOS EN MODO DIRECTO	60
4.2.10. BANDAS DE FRECUENCIA	60
4.3. SISTEMA IDEN	61
4.3.1. INTRODUCCIÓN	61
4.3.2. ORGANIZACIÓN	62
4.3.3. AMBIENTES LÓGICOS	63
4.3.4. VENTAJAS	63
4.3.5. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL	65
4.3.6. ARQUITECTURA DE RED	65
4.3.6.1. Estación Móvil	66
4.3.6.2. Sistema de Base Transceptora Mejorado (EBTS)	66
4.3.6.3. Conmutador de Conexión Cruzada de Acceso Digital	68
4.3.6.4. Conmutador de Paquetes Metro	68
4.3.6.5. Procesador de Aplicación de Despacho	69
4.3.6.6. Duplicador de Paquetes	69
4.3.6.7. Gateway de Datos Móviles	70
4.3.6.8. Controlador del Sitio Base	70
4.3.6.9. Centro de Conmutación Móvil	72
4.3.6.10. Centro de Operación y Mantenimiento	73
4.3.6.11. Centro Administrativo de Datos	73
4.3.7. PROTOCOLOS DE INTERFAZ	74
4.3.8. BANDAS DE FRECUENCIA	75
Capítulo V. TETRA (Radio Troncalizado Europeo).	76
5.1. INTRODUCCIÓN	76
5.2. PROCESO DE NORMALIZACIÓN.	77
5.3. ARQUITECTURA DE UNA RED TETRA	79
5.3.1. Red TETRA Individual	81
5.3.2. Estación Móvil	82
5.3.3. Estación de Línea	83
5.3.4. Gateway	83
5.3.5. Unidad de Administración de Red	84
5.3.6. Interfaces del Sistema	84

5.4. BANDAS DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	85
5.5. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TETRA	86
5.5.1. TETRA DMO (Funcionamiento en Modo Directo)	86
5.5.1.1. Canal de Modo Directo	87
5.5.2. Modo Circuito en TETRA (V+D)	88
5.6. TIPOS DE CANALES	88
5.6.1. Canales Lógicos	88
5.6.2. Canal de Control de Transmisión (BCCH)	90
5.6.3. Canal de Control Común (CCCH)	90
5.6.4. Canal de Control Asociado (ACCH)	90
5.6.5. Canal de Asignación de Acceso (AACH)	91
5.6.6. Canal de Linealización Común (CLCH)	91
5.6.7. Canales de Tráfico (TCH)	91
5.6.8. Canal de Señalización (SCH)	92
5.7. ASIGNACIÓN DE CANALES LÓGICOS EN TETRA	92
5.8. SERVICIOS DE RED TETRA	93
5.8.1. Datos en Modo de Circuito	94
5.8.2. Datos en Modo de Paquete	95
5.8.3. Teleservicios	95
5.8.4. Servicios Suplementarios	96
5.8.4.1. Servicios de Identificación de Llamada	96
5.8.4.2. Servicios de Reenvío de Llamadas	97
5.8.4.3. Servicios de Ofrecimiento de Llamadas	97
5.8.4.4. Servicios de Realización de Llamada	97
5.8.4.5. Servicios Multipartidarios	98
5.8.4.6. Servicios de Restricción de Llamada	98
5.8.4.7. Servicios de Intrusión de Llamada	98
5.8.4.8. Servicios de Carga	99
Capítulo VI. El Proyecto APCO 25 (EEUU)	100
6.1. INTRODUCCIÓN	100
6.2. PROCESO DE NORMALIZACIÓN	102
6.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA	103
6.3.1. Subsistemas de RF	104
6.3.2. Interfaces	104
6.4. PROYECTO 25 FASE II	106
6.5. ENCRIPCIÓN	107
6.6. POTENCIA DE SALIDA DEL EQUIPO	107
6.7. BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN	108
6.8. SERVICIOS	108
6.8.1. Servicios de Protección.	108
6.8.2. Teleservicios	108
6.8.2.1. Servicios Básicos de Voz	108
6.8.2.2. Servicios Avanzados de Voz	109
6.8.3. Servicios Suplementarios	109
6.8.4. Servicios de Encripción	110
6.8.5. Servicios de Datos	110
6.8.6. Servicios de Aplicación	111
6.8.7. Servicios de Gestión	111

6.9. SISTEMAS DE GESTIÓN BAJO EL PROTOCOLO SNMP.	111
6.10. ESTRUCTURA DEL FRAME DE VOZ	111
6.11. INFORMACIÓN DE ENCRIPCIÓN DE LA VOZ DIGITALIZADA	112
6.12. PAQUETES DE DATOS	113
6.12.1. Estructura de Paquetes de Datos	113
6.12.2. Encabezado de Paquetes de Datos	113
Capítulo VII. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RADIO MÓVIL TRONCALIZADO DIGITAL.	114
7.1. COMPARACIÓN DE TETRA Y APCO 25	114
7.2. SERVICIO DE INTERFAZ (INTERFACES ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL SISTEMA)	115
7.3. TÉCNICAS DE ACCESO AL CANAL	116
7.4. DISEÑO DE LOS CANALES. REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS FRECUENCIAS. CANALIZACIÓN RECOMENDACIÓN CITEL.	116
7.5. SERVICIOS DE SOPORTE O SERVICIOS PORTADORES.	117
7.6. TELESERVICIOS	117
7.7. SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	118
7.8. SERVICIOS DE ENCRIPCIÓN	118
7.9. SERVICIOS DE DATOS	118
7.10. SERVICIOS DE GESTIÓN	119
7.11. ESTADO DE IMPLANTACIÓN DE ELLOS ALREDEDOR DEL MUNDO Y PERSPECTIVAS FUTURAS	120
Capítulo VIII. CONCLUSIONES	123-A
Apéndice A: Proyecto de Norma. Especificaciones técnicas de los equipos transmisores destinados al servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas.	124
Apéndice B: Vocoders.	139
Bibliografía	146

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los servicios móviles han representado el segmento de más rápido crecimiento de todo el sector de las Telecomunicaciones. En una sociedad como la actual, en la que la gente se desplaza y viaja muy frecuentemente, se crean nuevas formas de vida que a su vez, generan nuevas necesidades. El desplazamiento de usuarios se ha convertido por tanto en un aspecto clave en el cual se apoya el crecimiento de los sistemas de comunicación móvil. El desarrollo esperado de las comunicaciones móviles está fundado en la implantación del paradigma de las comunicaciones móviles personales multiservicio, esto es, proveer a cada usuario los servicios de voz, datos e imágenes, y las funcionalidades que el previamente ha escogido y sin dependencia de un terminal o red específicos. Todos estos requisitos operativos se traducen en una serie de requisitos técnicos, tales como: la interconexión total entre todas las redes y servicios, la gestión de los perfiles personales de servicio de cada usuario, la gestión de la accesibilidad, etc. Lamentablemente no hay una sola tecnología capaz de resolver todos estos requisitos, y por tanto es necesario llegar a ciertos compromisos tecnológicos, principalmente en arquitecturas, interfaces y protocolos, y por supuesto en carácter de normas abiertas para evitar la limitación a un proveedor único.

Este trabajo cubre únicamente tecnologías de los sistemas de radiocomunicación móvil del tipo privado, es decir, sistemas de Radio Móvil Privado (PMR), las comunicaciones de este tipo son, quizás el más claro y pronto ejemplo de lo que el hombre ansía en el ámbito de las comunicaciones, comunicarse con sus semejantes, directamente allá donde se encuentren y cuando le sea preciso. El Radio Móvil Privado es una modalidad de los servicios de radiocomunicaciones móviles, fue la primera que surgió a nivel terrestre, esto a finales de los 1920s como un medio de apoyo a las actividades de la policía en diferentes ciudades del mundo. Efectivamente, las comunicaciones vía radio permiten superar distancias y, sobre todo recorridos no preestablecidos. El insólito crecimiento de las tecnologías de radio durante la Segunda Guerra Mundial permitió, la aparición de los primeros sistemas de comunicaciones móviles de tipo cerrado, siendo empleados principalmente para Servicios de Seguridad Ciudadana (Policia, Bomberos, etc.).

Desde entonces hasta nuestros días se ha producido una enorme evolución según estos tres ejes ortogonales:

- Extensión, cualitativa y cuantitativa, de usuarios; (de ser empleados sólo por los servicios de seguridad pública pasaron a ser empleados por otros servicios públicos, por flotillas de taxis, por flotillas de repartidores de productos y mercancías hasta por el público en general, con el impulso que le ha dado la vertiente del Radio Móvil Especializado)
- Crecimiento, en tipo y cobertura, de los servicios suministrados; (de ser un servicio simplemente local de transmisión de voz, empezó a evolucionar a ser urbano, después regional y finalmente nacional e internacional y en la actualidad se pueden ofrecer servicios de voz, transmisión de datos y fax)
- Evolución tecnológica en equipos y sistemas.

El primer capítulo sintetiza la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles de tipo privado desde sus inicios. Así mismo se presentan sus principales características como bandas de frecuencia de operación, tipos de las posibles configuraciones de red, las categorías asignadas a la cantidad de usuarios dentro de un sistema de este tipo, las cuales pueden ir desde una categoría individual hasta un sistema complejo, las tecnologías utilizadas dentro de los sistemas como los sistemas tradicionales y los sistemas trunking, categorías de acuerdo a su operación y las características de los principales servicios que deben cubrir dichos sistemas.

En el segundo capítulo se tratan los Sistemas PMR Convencionales, la arquitectura de redes de radio, describiendo las redes simples, así como las redes half duplex y mostrando cuales son las ventajas de una con respecto a otra, de la misma manera se cubre los diferentes tipos de tipos de señalización y las desventajas que presentan las redes de sistemas convencionales. El tercer capítulo cubre los mismos puntos del capítulo dos, únicamente que el análisis se basa en los sistemas del tipo trunking, especificando sus principales características, gestión de llamadas, y las ventajas que presenta en comparación con los sistemas de radio convencionales.

En el cuarto capítulo "Sistemas Cerrados de Radio Móvil Troncalizado (Sistemas Proprietarios)" se sintetiza los principales sistemas PMR del tipo propietario, es importante decir que algunos de estos sistemas son excelentes sin embargo la principal característica es que esclavizan a los usuarios a depender de un solo proveedor. En este capítulo se analizan tres de los principales sistemas propietarios que han sido implementados ya varios años atrás pero que aún siguen dentro del mercado, tal es el caso de EDACS de Ericsson, TETRAPOL de MATRA y iDEN de Motorola, éste último es el que ha presentado una mayor aceptación dentro del mercado de las comunicaciones de los sistema PMR.

Con el movimiento a los sistemas PMR digitales, ha habido un cambio de los sistemas propietarios hacia los estándares abiertos, con lo cual se permite que equipos de diferentes proveedores puedan interoperar dentro de un mismos sistema. Dicho movimiento hacia los estándares públicos ha surgido de los operadores y de los proveedores, como en el caso de TETRA y de APCO 25. Los estándares abiertos presentan una gran cantidad de ventajas respecto a los sistemas propietarios.

El capítulo cinco muestra los puntos más importantes del sistema TETRA, como son su arquitectura de red, la definición de las interfaces requeridas para un buen funcionamiento, sus bandas de operación y los diferentes tipos de servicios ofrecidos por este sistema. De la misma manera el capítulo seis hace un estudio general describiendo los mismos puntos para el estándar del Proyecto 25 de APCO, el cual dicho estándar surgió en los Estados Unidos de Norteamérica y por su parte TETRA desarrollado en Europa por el ETSI.

Finalmente en el último capítulo se presenta de una manera gráfica como es que se ha ido modificando el porcentaje de los sistemas PMR, en general, implementados en todo el mundo, y se puede observar que si bien es cierto que el mayor número de estos sistemas pertenece al sistema iDEN de Motorola se observa como está cambiando y moviéndose hacia los sistemas de normas abiertas. Así mismo hace un análisis comparativo entre estas dos normas, mostrando las posibles ventajas de una con respecto a la otra, y sus perspectivas para un futuro no muy lejano.

Los sistemas de Radio Móvil Privado pasaron de sistemas convencionales en los que cada grupo homogéneo de usuarios utilizaba un canal radioeléctrico en una determinada área de cobertura, a

sistemas troncalizados en los que varios usuarios o grupos de usuarios no necesariamente homogéneos emplean un conjunto de canales de radio comunes, todos ellos accesibles a los varios grupos de usuarios. El concepto de troncalizado no es nuevo, pues es el fundamento de los concentradores de enlaces telefónicos dimensionados basándose en ciertos parámetros de tráfico telefónico. Las ventajas de estos sistemas se deriva tanto del costo, dada su compartición de frecuencias como de la mejora en el tráfico y en el grado de servicio que supone su utilización.

Desde finales de los 1980s en Europa y EEUU se han destinado muchos esfuerzos al establecimiento de normas abiertas para regular las nuevas generaciones de sistemas troncalizados totalmente digitales, como es el caso de TETRA en Europa y el Proyecto APCO-25 en EEUU, el mercado de estos sistemas ha estado hasta ahora dominado por sistemas propietarios de los grandes fabricantes de equipo en esta área, los cuales son incompatibles entre si.

El mercado de los sistemas troncalizados está orientado a organizaciones (públicas y privadas), para sistemas de Radio Móvil Privado o Radio Móvil Especializado, y tiene un crecimiento limitado si se compara con el de los sistemas de radiotelefonía móvil celular. El éxito de ellos está estrechamente relacionado con la capacidad de los fabricantes o suministradores de hacer ofertas ventajosas comparadas con los propios sistemas celulares: sistemas más pequeños, más baratos, terminales más ligeras y versátiles, mayor autonomía, etc.

Quizá el aspecto más importante a analizar de los sistemas troncalizados digitales son las ventajas de los nuevos sistemas abiertos. Una realidad es que los sistemas propietarios son tan buenos como los sistemas abiertos, y que los primeros están dominando actualmente el mercado. Pero los sistemas propietarios o cerrados esclavizan al usuario a utilizar las bondades de un modelo o equipo que no es compatible con ninguna otra marca. En cambio un sistema abierto ofrece las ventajas de un mayor número de fabricantes, mejor precio y mejor calidad, por eso es importante analizar estos nuevos sistemas y su posible implantación.

Capítulo I. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS PMR (Radio Móvil Privado)

Los sistemas de radio móvil profesional o privado (PMR) son sistemas estructurados por una compañía o grupo de usuarios para proveer servicios de radio móviles específicamente para ese grupo de usuarios. De esta manera difieren de los sistemas móviles celulares públicos. Hay una gran variedad de usuarios de sistemas PMR. La comunidad de usuarios PMR puede ser dividida en sectores diferentes:

- Seguridad pública: servicios de emergencia (policía, bomberos, ambulancias, etc).
- Agencias gubernamentales, como salud, aduanas, etc.
- Transporte: las vías férreas, los autobuses, los taxis, etc.
- Otras utilidades: el agua, electricidad, el gas, carbón.
- Negocios de propósito generales que operan en áreas locales o dentro de sus propias premisas
- PAMR: operando en áreas mucho más grandes.

La radio comunicación móvil privada relaciona a los sistemas y servicios cuyo uso se limita principalmente a un grupo restringido de usuarios. Aún cuando la conexión a las redes públicas es autorizada, la función principal de esas redes permanece en la comunicación de grupo, del tipo de un 'despachador' por ejemplo. En este gran dominio, la mayoría de usos son privados, e involucra redes como aquellas para taxis, servicio de bomberos, trabajos de construcción y también algún uso público general o semiprofesional como la Banda Civil.

La radiocomunicación móvil privada es el sector más viejo de las radiocomunicaciones y data de los años cuarenta. Con más de 3.5 millones de usuarios en Europa en 1992, las radio bases instaladas mostraban un aumento lento de 5 a 10%. Esta aparente madurez no debería ser permitida para ocultar los cambios profundos que están afectando a este sector ahora; los desarrollos reglamentarios, tecnológicos y competitivos están particularmente asociados con la evolución de las posiciones relativas de los diferentes servicios móviles. Los sistemas móviles privados, aunque aparecen comercialmente primero que los sistemas públicos, son mucho menos conocidos para el público en general. Por otra parte, este tipo de sistemas tienen, debido al tipo de usuarios, una gran importancia económica.

1.1. BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN

El proceso de asignación de una banda de frecuencias para cada tipo de servicio en particular lo llevan a cabo los organismos de normalización a nivel mundial, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo principal encargado de este proceso, en particular es el sector de Radiocomunicaciones de la UIT, es decir, la UIT-R, el cual tiene como función el logro de los objetivos de la UIT en materia de radiocomunicaciones, garantizando la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que utilizan la órbita de los satélites geostacionarios, realizando estudios sin limitación de gamas de frecuencias y adoptando recomendaciones sobre radiocomunicaciones. Por otra parte, en el contexto de análisis estratégico el ETSI propuso el establecimiento de una organización permanente a nivel europeo para la asignación y el uso óptimo de frecuencias para los servicios móviles y radiodifusión.

En forma amplia, la normalización tiene un papel primordial en los diferentes aspectos del desarrollo económico, social y cultural de toda población usuaria de productos y servicios que resultan de la aplicación de la tecnología. En un mundo global como el que actualmente nos rige, la normalización es también un importante factor de orden y equidad entre las naciones productoras y las usuarias de diversos servicios. En el caso de México se creó el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CCNN-CIT), el cual dejó de funcionar a partir del 5 de marzo de 1998, para dar paso a la creación de dos nuevos comités: el Comité Consultivo Nacional de Normalización de

Telecomunicaciones (CCNN-T), presidido por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) y el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Radiodifusión, Telegrafía y Servicio Postal (CCNN-RTSP), presidido por la Subsecretaría de Comunicaciones de la SCT.

El siguiente cuadro muestra un esquema del organismo encargado de la normalización en el área de radiocomunicaciones en nuestro país

País	Regulador	Creados	Director reporta a:	Financiado o por:	Responsabilidades
México	Comisión Federal de Telecomunicaciones	Ley Federal de Telecomunicaciones. Puesta en marcha en 1996	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	Gobierno	Tarifas: Normas técnicas; Tasas de interconexión; Atribución de frecuencias; Vigilar la calidad del servicio.

Tabla 1.1. Organismos Encargados de la Normalización en México

Las bandas de frecuencia para este tipo de servicios están situadas en el orden de varias decenas de Mega Hertz (MHz). A continuación se presenta una tabla en la cual se presentan los principales sistemas de Radiocomunicación y su banda de operación correspondiente.

Servicio	Frecuencia
Telefonía Celular Analógica	200/450/900 MHz
Telefonía Celular Digital	
• GSM	890-915/935-960 MHz
• DCS 1800	1710-1880 MHz
Paging Personal	
• Servicio Público	80/160 MHz
• Servicio Privado	25, 41/440, 470 MHz
Teléfono Inalámbrico	
• Analógico	
CT0	16, 26/41, 47 MHz
CT1	914-915/959-960 MHz
• Digital	
CT2	864-868 MHz
DECT	1880-1890 MHz
UMTS y Futuros Servicios de Radiocomunicación Privada	
• Redes convencionales PMR	
• PMR analógico / digital troncalizado	30-47/68-87/146-174/410-430, 440-470 MHz
• Banda Civil	-40 frecuencias en 27 MHz
• Radio de rango corto digital	933-935 / 888-890 MHz

Tabla 1.2. Principales Sistemas de Radiocomunicación y su Banda de Operación

1.2. TIPOS DE REDES

1.2.1. Redes sin Infraestructura

La configuración de PMR más simple es la comunicación terminal directa punto a punto. El sistema no tiene ninguna infraestructura, y en la mayoría de los casos todas las terminales dentro de determinado rango reciben mensajes. Es posible, sin embargo, para realizar conversaciones privadas el uso de tonos de señalización o mensajes que no son escuchados por aquellos a los que no les pertenece. Una sola frecuencia común es usada, o pueden usarse diferentes frecuencias para diferentes grupos de llamada. La comunicación sólo es posible entre los terminales cuando están en el rango de los otros, y dado las limitaciones de potencia en los dispositivos portátiles de baterías, esto puede ser una restricción significativa.

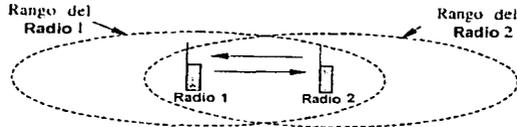


Figura 1.1. Configuración en Modo Directo Simple

La forma más simple de PMR son los sistemas de "walkie-talkie" donde los móviles se comunican entre sí directamente, y no existe la necesidad de estaciones base o una red de control. Los móviles son autosuficientes, pero mientras tales sistemas son simples de construir y baratos, no son muy flexibles, pues los móviles necesitan estar dentro del rango de los demás y las llamadas a otras redes o usuarios, no son posibles. Sin embargo para las comunicaciones en un solo sitio -un edificio en obras, por ejemplo- dicho sistema puede ser suficiente, para dichos requerimientos.

1.2.2. Redes con un Solo Sitio

Una de las configuraciones más comunes de PMR es el funcionamiento de "despachador". Por lo menos se usan dos canales, uno para las comunicaciones de los enlaces de subida entre los terminales y la estación base, y otro para el enlace de bajada a los terminales. Los mensajes de "despachador" en el enlace de bajada pueden ser recibidos por todos los terminales (aunque es posible realizar un direccionamiento individual), considerando que los mensajes de los terminales sólo pueden ser recibidos por el despachador. La comunicación de móvil a móvil es posible sólo por vía el despachador. Los enlaces con la red de teléfono público o con las redes de datos son posibles, de nuevo vía el despachador.

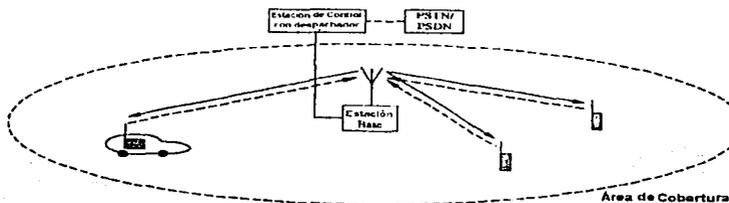


Figura 1.2. Configuración en Modo de "Despachador"

Varios refinamientos a este sistema básico son posibles. Si ampliar el área de cobertura es requerido, pero el acceso al despachador central o a la red PSTN no es necesario, la estación base puede ser conectada como un repetidor. Esto es llamado modo "talkthrough" donde cualquier mensaje de enlace de subida es retransmitido en un enlace de bajada, extendiendo eficazmente el rango de los móviles a la estación base. En Figura 1.3, la transmisión del móvil 1 se recibe por los móviles 2 y 3, aunque ellos no habrían estado en el rango, si el mensaje había sido transmitido directamente.

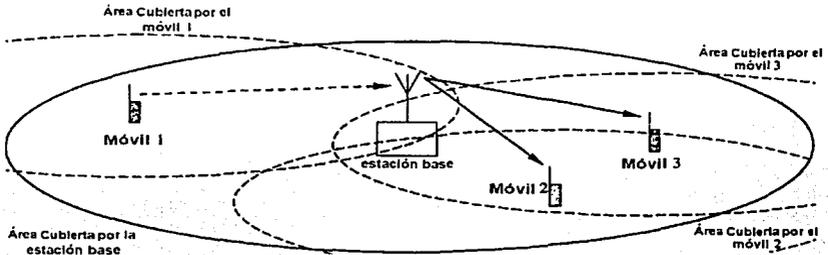


Figura 1.3. Configuración en Modo "Talktrogth"

1.2.3. Redes Multisitio

Diferentes organizaciones pueden compartir los repetidores (así llamados "estaciones base comunitarias" o "repetidores de comunidad") si los diferentes usuarios tienen señalización para identificar sus mensajes. La señalización es retransmitida por la estación base para que los móviles en otros grupos no los identifiquen como propios, manteniendo la privacidad. Tales sistemas por lo tanto incluyen tiempos de salida para asegurar que los usuarios no saturan el canal. En muchos casos, una sola estación base no podrá cubrir el área de servicio entera. Si el área sin cubrir se limita a áreas relativamente pequeñas, como en la sombra de un edificio, un puerto de radio remoto puede proporcionarse para iluminar esta área. La figura 1.4 muestra este tipo de configuración.

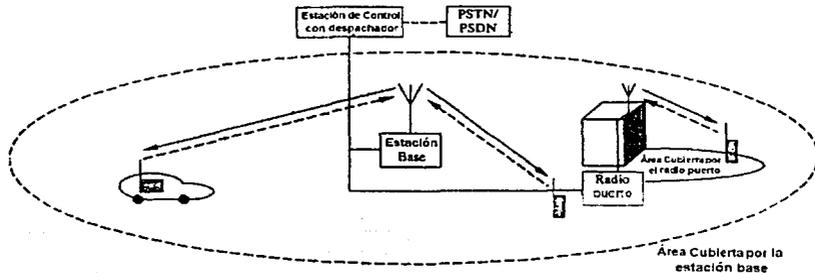


Figura 1.4. Utilización de un radio puerto

Consecuentemente los terminales portátiles normalmente tienen una potencia menor que los terminales móviles montados en los vehículos (debido a la batería y restricciones de seguridad), los móviles pueden recibir las señales en rangos mayores que los portátiles. Los repetidores portátiles montados en vehículos pueden usarse por consiguiente para proporcionar cobertura a usuarios portátiles, trabajando cerca de sus vehículos, como lo ilustra la figura 1.5. Este modo de funcionamiento normalmente se usa en los servicios de emergencia.

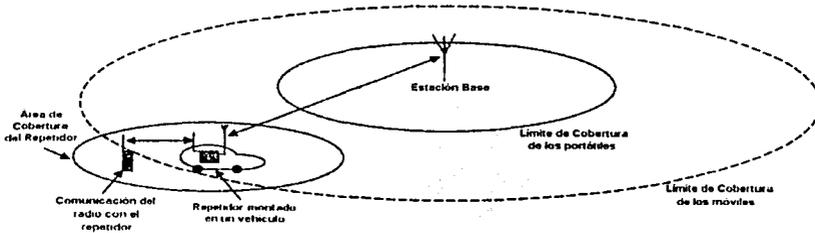


Figura 1.5. Extensión del área de cobertura con un móvil

Si áreas más grandes tienen que ser cubiertas, se deben utilizar varias estaciones base. Si únicamente se requiere una capacidad relativamente baja, todas las estaciones pueden transmitir la misma señal, sistema conocido como de "transmisión simultánea o simulcast", y el sistema actúa de la misma manera como una célula grande. En los sistemas analógicos las frecuencias usadas en diferentes células varían por unos hertzios lo cual reduce los problemas en las regiones de traslapo que reciben las señales de dos o más células. En los sistemas digitales, esto no es posible, y los sistemas tienen que ser diseñados para asegurar cuidadosamente que los terminales puedan recibir una señal adecuada en la región del traslapo.

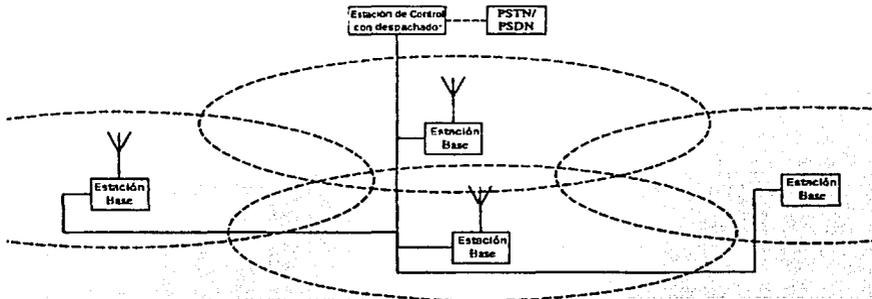


Figura 6. Red Multisitio

1.2.4. Redes de Área Amplia

Aunque los sistemas de PMR básicos frecuentemente son de un solo sitio, hay a menudo la necesidad de cubrir una área más grande, y esto puede hacerse de dos maneras básicas. La primera es crear sitios paralelos para cubrir toda el área y que el móvil pueda seleccionar el sitio con el nivel más alto de señal, examinando los repetidores alternativos (los cuales estarán en frecuencias diferentes). En una versión más avanzada de esto, el móvil puede incluso cambiar de frecuencia examinando de nuevo en un momento posterior, procurando mantener la señal debajo de un cierto umbral. Este método es simple y fiable pero es malgastador de espectro. En donde el espectro es muy reducido, es posible repetir la señal en la misma frecuencia dado que los transmisores tienen un desplazamiento de frecuencia (típicamente de alrededor de 100 Hz) y la señal modulada es sincronizada en el área de traslapo entre los repetidores. En este caso el único traslapo de importancia está donde la señal de dos repetidores esté dentro de 6 dB de otro repetidor.

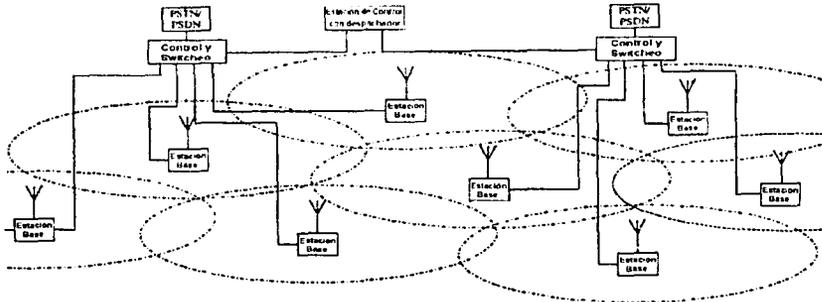


Figura 1.7. Red de Área Amplia

Los sistemas de capacidad más grandes requieren el uso de un sistema celular de radio bases. Tales sistemas son considerablemente más complejos que otras configuraciones, requiriendo la conmutación entre las estaciones bases y el cambio de frecuencia de móviles al cambiar de una célula a otra. Sin embargo, los operadores de grandes sistemas PMR, y operadores de PAMR, necesitan usar las configuraciones celulares para darles capacidad suficiente. Ni siquiera PMR grandes o sistemas de PAMR tienen tanto tráfico como los sistemas celulares públicos, así que tendrá una arquitectura relativamente llana comparada a la arquitectura de la red jerárquica compleja de GSM, por ejemplo.

1.3. CATEGORIAS POR USUARIO

Los usuarios son divididos de acuerdo al sector económico y tamaño de la red. A nivel europeo, una mayoría de usuarios ocurre en los servicios de transporte (autobuses, taxis) y en menor grado la administración.

Un análisis más detallado del mercado francés muestra un cuadro diferente desde que el sector de salud es el más grande con 24% de redes y sólo 10% de terminales; este es seguido por el sector de transporte con 14% de redes y 21% de móviles y finalmente el BTP con 17% de redes y terminales, por citar sólo los sectores más grandes. El caso de Francia ilustra las grandes disparidades que pueden existir entre los países, particularmente en asociación con el grado de desarrollo de los sectores analizados en cada país. También, desde un punto de vista económico y técnico, es interesante analizar la división de redes privadas de acuerdo al número de terminales conectados por red.

1.3.1. Individual

En este tipo de categoría el usuario solicita el servicio a una empresa encargada para ello. Es decir la empresa proveedora de servicios de radio móvil privados únicamente brinda la comunicación a una sola persona. Por consiguiente en este tipo de categoría resulta poco conveniente tener una red privada sólo para tener un servicio individual. Esto representaría una muy baja eficiencia espectral pues dicho usuario presentaría una muy baja actividad dentro del sistema. se estaría aprovechando en un porcentaje muy bajo su frecuencia asignada.

1.3.2. Grupo

Un predominio neto de redes privadas cuyos usuarios numerados no excede a cinco subscriptores es evidente, y esto no justifica consideración de una infraestructura específica por la mayoría grande de redes. Además de la misma manera que para la prestación de algún servicio individual, del punto de vista de utilización del espectro, la asignación de canales espaciados a 12.5 kHz para algunos usuarios involucrados en el servicio, incluso en una región geográfica de 30 km de radio, representa una eficiencia espectral muy baja.

1.3.3. Flotilla

Para estas organizaciones, sería mucho más barato compartir la inversión en la infraestructura y el coste de operación recurrente y organizar estas redes en grupos cerrados de usuarios o flotillas. Este tipo de configuración se podría llamar como un grupo de grupos en donde resulta más económico contratar los servicios de una empresa proveedora de radiocomunicaciones, pues aunque es un mayor número de terminales requeridos resultaría más económico que contar con una infraestructura propia para obtener las características de funcionalidad requeridas dentro de la organización u organizaciones.

1.3.4. Sistema

Este tipo de configuración se considera como aquella infraestructura más completa y por consiguiente representa el mayor grado de complejidad que una red de radiocomunicaciones puede alcanzar. Es decir, en este nivel ya se cuenta con una infraestructura propia para lograr obtener las características requeridas dentro de la red así como la calidad y el grado de servicio solicitado por cada uno de los usuarios, aquí se presenta con un mayor grado la jerarquización de los usuarios dentro del sistema pues es necesario establecer niveles de prioridad para tener acceso al sistema.

Los principales elementos con los que debe contar un sistema de radio comunicación móvil privada son:

- Equipo de usuarios (terminales de usuario)
- Unidades de radio (radios móviles y portátiles)
- Puntos de control.
- Infraestructura
- Conmutadores

1.4. CATEGORÍAS GENERALES

1.4.1. Técnicas Tradicionales

Las técnicas principales en el funcionamiento de este tipo de servicio se lleva a cabo en modo simplex o half duplex, los cuales permiten la transmisión en una sola dirección. Todos los terminales así se comunican en la misma frecuencia en una de las siguientes formas: el terminal a la estación base de control; terminal a terminal; o la estación base a uno o más terminales. El funcionamiento exitoso requiere un grado de disciplina en la comunicación alternada por parte de los usuarios, pues los canales son asignadas por cada terminal, es decir, que si en el sistema se quiere comunicar un determinado número de móviles el sistema debe

tener la misma cantidad de frecuencias asignadas. Como se ilustra en la figura 1.8, con este tipo de técnicas se tiene un gran desperdicio de los canales existentes en el sistema, pues cada terminal ocupa un canal exclusivo todo el tiempo.

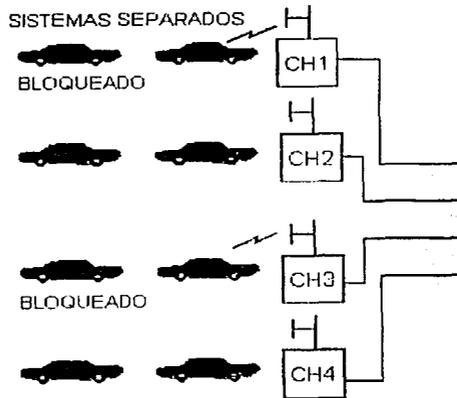


Figura 1.8. Sistema Convencional

A pesar de esta restricción operacional, las redes privadas convencionales disfrutaron esencialmente el gran éxito debido a su funcionalidad que responde a los requisitos mayores de organizaciones y a su bajo costo. Entre las funciones más usadas están la radiodifusión de llamadas, llamadas a grupos de usuarios, control de cola de espera, llamada de prioridad y transmisión de datos, mensajes y condiciones para mediciones remotas.

1.4.2. Trunking

Las radiocomunicaciones sobre un sistema troncalizado son muy similares a las de los sistemas de teléfono convencional. Las unidades de radio transmisora y receptora pueden ser consideradas como las partes transmisora y receptora del sistema telefónico. Y el sistema de radio troncalizado puede ser considerado como el equipo de la compañía telefónica. En lugar de líneas telefónicas, el sistema usa canales de radio para establecer las llamadas. Al igual que el sistema telefónico, los usuarios del sistema de radio no son informados sobre cual de los canales en particular se está llevando a cabo la llamada.

Troncalizar un sistema de radio multicanales incrementa la eficiencia del mismo, debido a la administración dinámica del uso de radio canales. Esto se lleva a cabo por la computadora de control de canales de radio. Todos los sistemas de radio troncalizado utilizan dos tipos de configuraciones de radio canales: Canales de control (o datos) y canales de tráfico (o voz). Se debe designar un canal de control en cada sitio y los canales restantes son usados como canales de tráfico. El canal de control es usado para enviar información digital entre las unidades de radio y el equipo de cómputo que controla el sistema.

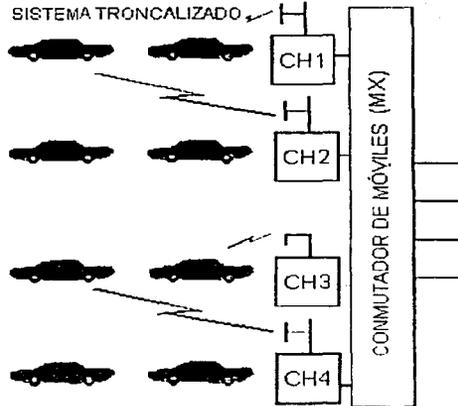


Figura 1.9. Sistema Troncalizado

El principio del sistema troncalizado radica en el uso de un conjunto de canales que comparten varios grupos de usuarios, cuando algún usuario necesita hacer una llamada, se le asigna uno de estos canales para su uso exclusivo, pero al finalizar la llamada el canal es regresado a un depósito de canales donde puede ser asignado a otro usuario. Esto significa que cada radio móvil debe ser capaz de sintonizar todos los canales disponibles.

1.5. CATEGORÍAS DE ACUERDO A SU OPERACIÓN

1.5.1. Redes Controladas por un Operador

En este tipo de categoría las compañías proveen algún o varios tipos de servicios PMR a diferentes usuarios con distintos requerimientos. Como resultado ellos están buscando un sistema rico en servicios y características. En adición, está en su interés realizar un sistema espectralmente eficiente, pues la limitación de capacidad les impide la oportunidad de venta de servicios. Una buena cobertura sobre un área amplia es también otro factor indispensable para introducir el sistema en el mercado, además dicho operador debe tener la habilidad de despreciar algunas áreas sino no será viable comercialmente ofrecer servicios PMR allí. Nextel es un ejemplo típico de esta configuración.

1.5.2. Redes Privadas

Las redes privadas han crecido de una manera aleatoria, con poca planificación en el uso de las frecuencias y sin normalización. Como consecuencias de esto, es difícil hacerle frente al crecimiento del mercado y existe poca calidad en el servicio debido a que existen varios sistemas utilizando las mismas frecuencias. Entre los usuarios de este tipo de sistemas se pueden mencionar a la compañías de seguridad (policía, ambulancias, bomberos, etcétera), a las compañías de transportes (taxis, autobuses, trenes) o a las compañías de servicios (distribución, reparación, etcétera).

Actualmente, se busca afrontar este crecimiento mediante sistemas de compartición de recursos. Las redes de comunicación móvil privadas son poco conocidas para el común del público, sin embargo, aparecieron primero que los sistemas públicos. Actualmente existe una gran cantidad de terminales móviles, y debido al tipo de usuarios, de mucha importancia económica. Algunos de los usuarios más importantes son: servicios de transporte, servicios de salud, servicios de seguridad, servicios públicos (administraciones, autoridades), servicios de distribución (agua, gas, electricidad), etc. Es decir en cada de uno de estos sectores se consideran como redes privadas a aquellos a los que cuentan con una infraestructura propia.

1.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS

1.6.1. Half Duplex

La radio móvil convencional durante décadas contó simplemente en las llamadas de transmisión a todas las estaciones, seguidas por un mensaje general o una página de voz a un usuario particular. Originalmente, los móviles eran caros (y muy raros) y el espectro estaba disponible. Ordinariamente, dos radios en comunicación usarían un canal de un repetidor común, con el repetidor que reenvía el mensaje al otro móvil. Esto se hace usando dos canales, uno para transmitir y uno para recepción, con un espacio conveniente en la frecuencia para permitir al transmisor y receptor trabajar al mismo tiempo en la misma base. Los móviles tienen un tipo de funcionamiento presionar-para-hablar (PTT), que conecta al receptor cuando el transmisor es activado. El combinador (también conocido como un duplexor), éste es un dispositivo que permite al transmisor y al receptor compartir una antena en común, aislando la potencia del transmisor del receptor. El receptor de la estación base escoge entonces la señal transmitida de un móvil A, lo amplifica, y entonces lo acopla (a nivel audio) al transmisor que lo envía adelante al móvil B en otra frecuencia.

Este modo de transmisión es conocido como "simplex de dos-canales" o "semidúplex" y se caracteriza por el funcionamiento de presionar-para-hablar (Press To Talk). Full Duplex requiere un duplexor en la estación móvil así como en la estación base, además será factible que la frecuencia del transmisor y receptor estén separadas suficientemente (esto no es necesario para radios digitales que generalmente no requieren un duplexor). Esto permitirá a las partes comunicarse sin el código press-to-talk, dando una semejanza al sistema celular.

1.6.2. Tiempo de Establecimiento de Llamada

En lugar de la marcación de un número para preparar una llamada, los sistemas PMR normalmente tienen un presel o "botón para hablar" (push to talk) para activar una llamada al despachador o al grupo del usuario, con la llegada del mensaje al terminal receptor sin un procedimiento complejo de contestación, las llamadas pueden consistir por consiguiente en una frase o dos, y los usuarios esperan ser conectados al terminal llamado sin ningún retraso. Esto es particularmente importante en los servicios de emergencia dónde la radio puede usarse para dar órdenes urgentes y que las primeras palabras del mensaje no deben perderse debido al retraso de la preparación de la llamada, pues en esta área podría tener serias consecuencias.

Los operadores de PMR desearían poder diferenciar entre los usuarios, para establecer prioridades diferentes de llamada o calidades de servicio a usuarios diferentes. Por ejemplo, una llamada de emergencia puede poder apropiarse del acceso a la red que otros tipos de llamada.

1.6.3. Costo

Las compañías que usan los sistemas PMR considerarán los costes encima de la vida entera del equipo, incluso los costos de capital para la infraestructura y el mantenimiento para el equipo, además del costo "inicial" de los terminales mismos. En particular, el sistema debe ser escalable para que en caso de un crecimiento éste pueda manejarse, y ser suficientemente adaptable para permitir nuevos servicios que no se previeron cuando el sistema fue instalado. Los negocios no querrán invertir sumas grandes de dinero en un sistema que no pueda

modificarse fácilmente una vez instalado. Los costos principales están comprendidos dentro de estos cuatro elementos:

1. Costo de la licencia de operación.
2. El precio de la compra de cada terminal.
3. Compra e instalación del sistema, que es la estación de transmisión y recepción con su sistema operativo.
4. Los costos de operación que son a menudo el costo de una jornada completa de una persona.

1.6.4. Confiabilidad y Disponibilidad

Muchos servicios PMR son usados en sistemas de seguridad críticos. Una ventaja a los usuarios de estar envueltos en el funcionamiento del servicio es que están en la posición de asegurar la confiabilidad y no son dependientes de otros operadores. La falta de sistemas celulares públicos para garantizar calidad de servicio o el grado de servicio bajo cualquier circunstancia, o su renuencia para tomar la obligación de los servicios de seguridad crítica, puede forzar el uso de un sistema PMR. Un estudio que analizaba la importancia de las características de un sistema PMR encontró que la disponibilidad de servicio era clasificada como "sumamente importante", la proporción más alta de cualquier requisito. La flexibilidad toma muchas formas, la flexibilidad con respecto a los servicios ya se ha cubierto, pero otro aspecto de entrada de la flexibilidad es la habilidad del sistema de cambiar con las necesidades desarrolladas por el operador.

1.6.5. Seguridad de los Terminales

Muchos usuarios de los sistemas PMR requieren niveles altos de seguridad. La seguridad toma varios formas, en términos de fiabilidad de funcionamiento y protección de la información transmitida, contra posibles interceptaciones. Esta es otra de las características más importantes que se debe cubrir dentro de un sistema de radio.

1.7. SERVICIOS OFRECIDOS

1.7.1. Voz y Datos

La radio móvil convencional durante décadas consistió simplemente en llamadas de transmisión a todas las estaciones, seguidas por un mensaje general o una página de voz a un usuario particular. Tradicionalmente en PMR, las instrucciones fueron enviadas y recibidas como órdenes de voz. Hoy, muchos móviles vienen con un display incorporado que es capaz de desplegar (y almacenar quizás) los mensajes cortos. Hay varios fabricantes que hacen cabezas de datos que pueden guardar y enviar los datos alternativamente de cualquier móvil. Una instrucción simple del envío de datos puede ser enviada en unos segundos. Adicionalmente, el reconocimiento puede ser una contestación digital simple. Tomando la ventaja de esto, algunas compañías tienen los detalles de los próximos días de trabajo ahora anotados en una computadora, a la cual el empleado puede acceder al principio del cambio por la mañana y entonces puede reconocer la realización de sus tareas en tiempo real.

Los servicios móviles de datos están usándose cada vez más para servicios de rastreo, telemetría o actualización de información. Ejemplos de servicios innovadores de datos incluyen el BT, un operador de la telecomunicación nacional que envía directamente las órdenes diarias de trabajo a los técnicos reparadores para que puedan empezar el día trabajando en lugar de realizar un viaje al depósito para saber sus tareas. Simoco está dirigiendo los ensayos con un equipo de rescate de montaña "Langdale Ambleside" en el REINO UNIDO en transmitir telemetría médica, incluso imágenes, video, mensajes de texto y datos de GPS para ayudar en las operaciones de rescate. Una provisión flexible de un servicio de datos es por consiguiente esencial.

PMR está idealmente preparado para ráfagas cortas de datos, el ancho de banda limitado, y el alto costo en el código de corrección de error, lo hacen menos satisfactorio con bloques grandes de datos. La transmisión de datos significa enviar mensajes de estado numéricos, mensajes de texto o datos de formato libre entre diversos abonados de radio o fijos. El equipo móvil típico, para transmisión de datos, incluye pantallas alfanuméricas, impresoras y computadoras personales. Con estos servicios, las terminales móviles pueden intercambiar información en todo el sistema con los operadores de despacho, otros terminales móviles, computadoras mainframe o servicios de redes de datos públicas. Las aplicaciones típicas en las redes privadas incluyen despacho computarizado, ubicación automática de vehículos con receptores GPS y sistemas de telemetría automáticos.

Desde el punto de vista de la carga del radio canal, los mensajes de datos MPT estándar a menudo constituyen una forma más efectiva de despacho que las llamadas de voz ya que se transmiten por un canal de control y no reservan ningún canal de tráfico. Desde el punto de vista del usuario, los mensajes de texto ofrecen una forma cómoda de informar direcciones y detalles de trabajo, especialmente si la persona llamada esta manejando o no se encuentra en el vehículo en ese momento.

Capítulo II. SISTEMAS PMR CONVENCIONALES

Los sistemas PMR comúnmente descritos como "convencionales" son los más antiguos y también los más difundidos. Estos sistemas no son tan eficientes en términos de la utilización del espectro, comparados con la nueva generación de sistemas (basados en técnicas trunking).

En la mayoría de los casos los sistemas convencionales consisten en una red de un solo sitio, local o regional, el cual usa una simple estación de transmisión y recepción de rango limitado. El funcionamiento de estas redes se regula por una licencia emitida por la autoridad reguladora del país. Esta regulación es necesaria por la escasez de frecuencias asignadas a este tipo de servicio. En Francia, 32 MHz son dedicados a las redes privadas de radiocomunicación, con una separación entre canales adyacentes de 12.5 kHz, sólo aproximadamente 2500 frecuencias están disponibles para 450 000 usuarios. Los severos problemas de congestión aumentan considerablemente y llevan a la disponibilidad limitada de licencias, la no renovación de frecuencias asignadas y mucho tiempo en las listas de espera para la comunicación en las redes. Esta situación es particularmente grave en muchos países europeos como Bélgica, Dinamarca, Italia y Países Bajos.

La licencia condiciona que su uso especifique el número de estaciones transmisoras / receptoras autorizadas por la red, el rango máximo de las estaciones (a menudo 30 km), la posibilidad, o por otra parte, limitación de las estaciones en la red de acceso a la red telefónica pública.

2.1. ARQUITECTURA DE REDES DE RADIO CONVENCIONALES

La primera necesidad a satisfacer fue la de poder establecer una comunicación vocal directa entre dos usuarios, de los que al menos uno de ellos se desplaza. Estos formaban parte de un colectivo superior de usuarios potenciales, donde el servicio de mayor interés era el de comunicación entre uno de ellos y todos los demás (lo que se llama Conferencia). Por cierto, esta flotilla (que así se llamaron) no tenía especial necesidad de interconexión con la red telefónica pública fija.

Los sistemas PMR convencionales (o clásicos) están basados en una muy simple, incluso una infraestructura y organización muy elementales. Generalmente, las redes PMR convencionales están basadas en una estructura de estrella, donde las estaciones base (fijas o móviles) representan el centro de la red. En algunos sistemas los móviles se comunican directamente, uno a otro, y como una red podría ser considerada como una estructura de "bus". No obstante, el uso de una estación base como el centro de la red es la estructura más utilizada. La transmisión a través de grandes distancias únicamente es posible entre móviles si se utiliza una estación base como repetidor. Esta estación base es capaz de transmitir altos niveles de potencia (desde unas decenas hasta unos cientos de watts) y con las antenas ubicadas en sitios elevados, para poder tener así una cobertura amplia. El rango de potencia de los móviles varía entre algunos y hasta decenas de watts. Pueden ser identificados dos tipos de sistemas PMR convencionales dependiendo de los recursos de radio que puedan ser ofrecidos:

- Un canal (una o dos frecuencias) es designado para una sola flotilla
- Varias flotillas compartiendo un canal. Una señal de infrabanda ayuda a seleccionar la flotilla que desea realizar una llamada y únicamente los móviles capaces de decodificar esa señal son activados.

Cuando un solo canal es compartido entre flotillas (las cuales podrían ser pequeñas en tamaño para evitar la congestión), sólo una flotilla puede comunicarse a la vez. En los sistemas trunking varias flotillas son capaces de comunicarse al mismo tiempo, usando cualquier canal. Hay sistemas convencionales en donde la estación base actúa como repetidor y retransmite la señal sin modificarla y sin acceder a la red. El repetidor actúa como un espejo, recibiendo las señales en una frecuencia y retransmitiéndolas en otra.

2.1.1. Redes Simplex

De la figura 2.1, se desprende que tales comunicaciones sólo se logran si la frecuencia de radio empleada es la misma para todos los usuarios y coincidentes también en los sentidos de transmisión y recepción. Esta técnica dio lugar al denominado método simplex: comunicación bidireccional alterna a una sola frecuencia. Este tipo de comunicación aunque limitada (la conversación humana es bidireccional y, frecuentemente, simultánea) aporta, sin embargo, cierto tipo de ventajas:

- Uso eficiente del espectro radioeléctrico.
- Compartición de módulos, en un mismo equipo, entre transmisión y recepción.

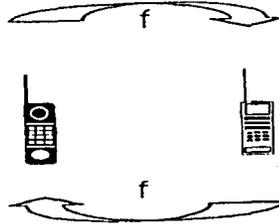


Figura 2.1. Red Simplex

La primera fue una ventaja que se detectaría con la expansión de los servicios móviles; la segunda, adelantó la portabilidad de los equipos. El predominio de comunicaciones entre una estación fija y varios móviles permitió el incremento de cobertura geográfica: bastaba con colocar el equipo de la estación fija en un lugar radioeléctricamente adecuado (el alto de una colina, por ejemplo). La transmisión simplex es posible en la mayoría de los móviles y se usa cuando los móviles necesitan comunicarse directamente sin pasar por el repetidor. Típicamente, esto se hace cuando los móviles están fuera de rango de los repetidores o por otras razones, como la seguridad o incluso para ahorrar los cargos de tiempo-aire, pues se desea operar independientemente del repetidor.

En una red simplex, el único canal es compartido por todos los terminales y estaciones base. Todas las entidades tienen los mismos derechos de acceso al canal de radio. La característica principal de este tipo de red es su fácil instalación. Su segunda característica, es que no requiere de grandes recursos de radio. Una desventaja es que puede cubrir sólo áreas muy pequeñas. En la práctica, el radio del área de cobertura es normalmente sólo de unos kilómetros. En este tipo de red, cada estación transmite en su turno mientras las otras están esperando. La parte llamada contesta al final del mensaje, con el traslado del receptor al transmisor para volver a transmitir, estando controlados por medio de un pedal o un push-button conectado al micrófono o unidad de radio. También es posible operar en este modo con un interruptor voz activado (VOX). Este tipo de modo simplex es muy útil cuando hay un requisito de operar a "manos libres." Las redes simplex operan con una sola frecuencia. Para aumentar la cobertura de la red, es necesario el uso de otros tipos de estaciones base.

2.1.2. Redes Half Duplex

El dotar de equivalente cobertura a comunicaciones entre dos equipos móviles fue más complejo. Se resolvió con el uso de repetidores fijos, según muestra la figura 2.2. La necesaria simultaneidad en el funcionamiento del transmisor y receptor constitutivos del repetidor, obligó al empleo de dos frecuencias diferentes por sistema: una en sentido ascendente y otra en el descendente. Nació el método semiduplex: Comunicación bidireccional

no simultanea a dos frecuencias. Dada la generalización de este procedimiento, a partir de este momento, se da por entendido que toda comunicación se efectúa a través de un repetidor.

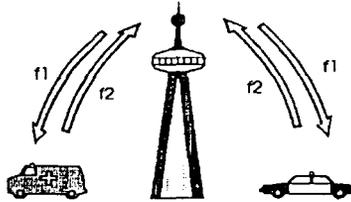


Figura 2.2. Red Half Duplex

Invariablemente, half dúplex todavía estará disponible porque en las áreas límite puede ser la única manera de conectar y también porque los móviles half-dúplex son más baratos y por consiguiente con mayor demanda.

Cuando el número de móviles es muy grande y el área de operación cubre varias decenas de kilómetros cuadrados, el uso de un sistema half-duplex con un par de frecuencias por canal es requerido, junto con la habilidad de las estaciones base para actuar como repetidores, como se muestra en la Figura 2.3. Esta técnica ayuda a extender el rango de cobertura de la red significativamente comparado con el caso de una red simplex. Este tipo de red es el mayor comúnmente encontrado en los sistemas PMR convencionales. Con una red half-duplex, las estaciones base transmiten en una frecuencia (f_1) y reciben en otra frecuencia (f_2). En su turno, los móviles transmiten en la frecuencia de recepción de las estaciones base (f_2) y reciben en su frecuencia de transmisión (f_1).

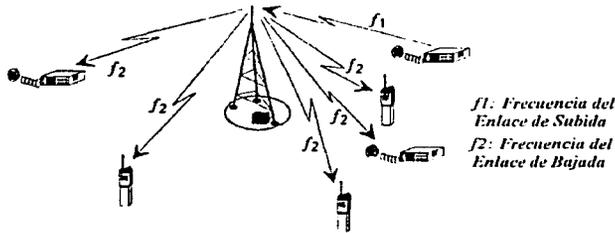


Figura 2.3. Principio de Operación de una red Duplex

Las estaciones base pueden ser fijas o móviles. En el último caso, aunque relativamente raro (por ejemplo en seguridad pública en la escena de un incidente), la estación base podría ser un móvil trabajando con frecuencias reservadas.

Con una red half duplex, como con redes simplex, la comunicación ocurre alternativamente: un móvil transmite (en el enlace de subida del móvil hacia la estación base) y otros escuchan (la retransmisión por la estación base en el enlace de bajada). Las áreas con una gran cobertura son posibles: de una decenas, a unos pocos cientos, incluso hasta miles (de uso marítimo) de kilómetros cuadrados (Figura 2.4.)

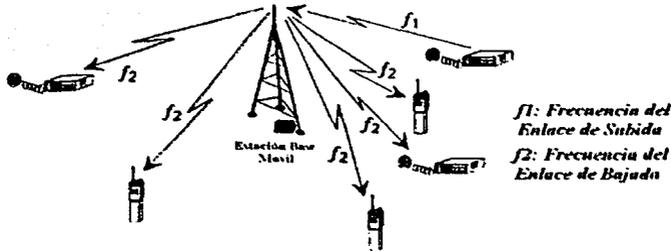


Figura 2.4. Red Half-Duplex donde la estación base es un móvil.

La estación base transmisora / receptora es instalada usualmente en un sitio alto, conectado a las terminales fijas instaladas en un edificio o tal vez en un vehículo ubicado en un sitio elevado (Figura 2.5.).

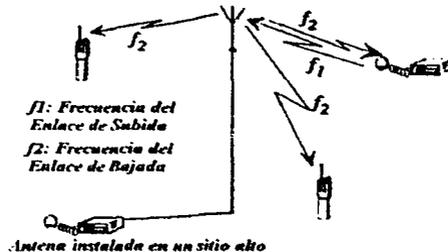


Figura 2.5. Red Half-Duplex con una transferencia transmisor / receptor

2.2. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN

La sencillez de los primeros sistemas fue tal que no requirieron de señalización específica. El establecimiento de una comunicación se lleva a cabo mediante el uso de la propia señal portadora como señalización, utilizando su presencia para «abrir» el receptor a la escucha, cerrándolo en caso contrario. Posteriormente conforme aumentaba la complejidad de los sistemas surgió la necesidad de introducir métodos más sofisticados de señalización:

SELCAI, o llamada selectiva, es un sistema de señalización que se usa ampliamente en PMR. De hecho, se ha vuelto tan común que se encuentra en la mayoría del equipo de CB. Principalmente usado para privacidad, los móviles pueden llamarse como un grupo mediante un código *selcall* seleccionado (o direccionarse individualmente a través de un código único *selcall*). *Selcall* les permite a varios usuarios no relacionados compartir un repetidor sin tener un canal abierto que transmita la información indiscriminadamente.

En la mayoría de los países actualmente, alguna clase de *selcall* es obligatoria para el funcionamiento de un repetidor. *Selcall* puede reducir significativamente la falsa activación de un repetidor, lo cual sucede por el reuso de las frecuencias de operación en los repetidores a lo largo de todo el país. Esto significa que es posible para un móvil estar dentro del rango de más de un repetidor en cualquier momento dado, si tal móvil inicia una llamada, activará todos los repetidores en el rango y todos ellos retransmitirán la llamada. Si

secall es usado, el repetidor sólo se activará si corresponde a la secuencia de secall. Claro, las activaciones falsas todavía pueden pasar pero esto raramente ocurrirá. Seccall puede tomar varias formas. El tipo más antiguo de seccall era un tono inband que era recibido por el repetidor y entonces era grabado antes de reenviarse al móvil. Las frecuencias alrededor de 1.5 kHz fueron ampliamente usadas. Después vinieron los tonos subaudibles. Éstos tienen la ventaja de estar fuera de banda y así no afectan la trayectoria de la voz. Los tonos subaudibles son detectados y procesados antes de la trayectoria de la voz que tendrá una característica pasabanda que rechazará los tonos subaudibles.

Usando la señalización de un tono secuencial, un número grande de lds de seccall pueden ser enviados. Un formato común es la señalización secuencial de cinco tonos que permite 100,000 códigos. El tono puede ponerse en código automáticamente o puede marcarse usando un teclado pequeño similar a un dial de teléfono. Con este número de códigos disponible, incluso las flotas muy grandes pueden acomodarse en un solo sistema.

Con el transcurso del tiempo varios estándares de normalización han sido definidos, como el código "Cinco Tonos" (Selección cinco), el Tono de Señalización Continua CTS, o la señalización ZVEI. Esos sistemas de señalización están basados en audio-tonos. Hay tres tipos básicos: los sistemas de tonos continuos, los sistemas de tonos secuenciales o sistemas de ráfagas, y los sistemas de tonos combinados.

Señalización de Tonos Continuos. El sistema de señalización controlado por tonos continuos CTCSS, también conocido como de Línea Privada (PL) es el método más usado por grupos de usuarios en un solo canal. Treinta y dos tonos son usados, los cuales oscilan entre frecuencias de 32 a 250.3 Hz. Este método de señalización es usado para solucionar problemas de intrusión en las comunicaciones de otras personas. Solamente los receptores equipados con un decodificador de tonos sintonizado a la misma frecuencia CTCSS serán activados con la portadora de la radio frecuencia. La señalización CTCSS de esta manera ayuda a evitar la interferencia de las transmisiones de la red remota B, la cual está usando el mismo radio canal como la otra red A. Normalmente la red A debe tener activados sus receptores con sus propios tonos CTCSS, entonces las señales de B no serán escuchadas, pues serán relativamente muy débiles el "efecto captura" las atenuará.

Con la *señalización de Supresión Controlada Digitalmente DCS*, también conocida como PL digital, las transmisiones consisten de una señal digital de baja tasa de transmisión continuamente transmitida. Esta transmisión contiene una palabra de código repetitiva representando un número de tres dígitos (Figura 2.6). La ventaja sobre los sistemas previos es que existen mucho más códigos posibles (por ejemplo 104 códigos) y la respuesta del sistema es rápida. Los sistemas de señalización con dos, cinco, o más tonos han sido especificados. Entre ellos están.

- Señalización CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications), originalmente definido por los servicios móviles marítimos internacionales, usados ampliamente en Francia y Escandinavia.
- Señalización ZVEI (Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie), usados principalmente en Alemania, Austria y Suiza.
- Señalización EIA (Electronic Industries Association), usado en los Estados Unidos.
- Señalización EEA (Electronic Engineering Association), usado en la Gran Bretaña.

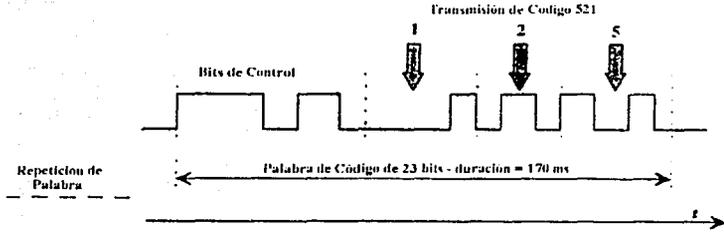


Figura 2.6. Formato de Palabra de Código DCS

En esos sistemas, las ráfagas de señalización consisten de una serie de tonos de audio frecuencia (por ejemplo, cinco) transmitidos secuencialmente. Las frecuencias de audio están contenidas en la banda de los 600 a los 2250 Hz. Los códigos son caracterizados por la frecuencia del tono, la duración del tono, y su modo de transmisión (simultáneo o secuencial, con o sin un intervalo entre los tonos sucesivos).

La *señalización de MultiFrecuencia de Tono Dual (DTMF)* también es usada. Se basa en una matriz de frecuencias, la cual representa un teclado de un teléfono estándar con 12 botones. En este caso, un número es transmitido por la transmisión simultánea de dos frecuencias específicas, una baja y una alta, variando entre los 697 a los 1477 Hz.

En los sistemas PMR convencionales, la señalización y la voz son multiplexadas en el mismo radio canal, un método que tiende a generar tráfico de baja densidad. Además que, como con los primeros sistemas, la señalización, al igual que la voz, era usada por ser analógica (tres o cinco tonos, típicamente). Con los módems la señalización en los sistemas pasa a ser digital y la transmisión podría ser analógica o digital. Los mensajes con señalización digital incluyen el siguiente tipo de información: identificación de usuario, llamadas de grupo, identificación de canal y el alias. En general, ellos están hechos con aproximadamente 50 bits de datos.

En algunos sistemas la señalización es usada para definir varios grupos, los cuales comparten el mismo canal. Para asignar a cada grupo una línea privada PL, las comunicaciones intra grupales pueden ser hechas confidencialmente (otros grupos no serán capaces de transmitir o recibir mientras una llamada esté en progreso).

Cada grupo usando un canal f_i puede identificarse por sí solo con una frecuencia subaudible Δf_i (Δf_i varía entre los 50 y los 160 Hz). Cuando un canal está en uso con el tono de identificación Δf_i , otra subfrecuencia que comparte el canal de frecuencia Δf_i no puede usarlo. La señalización puede ser efectuada de dos maneras: ya sea con tonos dentro de la banda que interrumpen las conversaciones y consecuentemente degradan la calidad del servicio, o infrabanda, el cual usa tonos inaudibles.

La señalización infrabanda consiste de una señalización multiplexada con la transmisión de voz, sin ser detectada por el usuario final. La señalización infrabanda puede reducir los efectos de interferencia. Con los sistemas de comunicaciones full duplex, la interferencia causada por la transmisión de un móvil remoto es relacionada a la razón C:1 prevalectente, mientras que en half duplex el móvil local está en un estado de recepción, el móvil remoto está transmitiendo. La portadora solicitada C está por lo tanto en cero y la estación base recibe la señal remota I si tiene la fuerza suficiente. La señalización infrabanda asegura que la estación base ignore esta señal remota si no es requerida.

La señalización infrabanda también ayuda a supervisar el control de conexión y a evitar los casos donde la liberación del canal de tráfico no fue accionada correctamente. Existen dos procedimientos comunes para hacer esto:

Primer método: Éste es activado cuando un móvil ha permanecido en estado de recepción por un predeterminado periodo de tiempo (unas décimas de segundo típicamente). El móvil automáticamente switchea (conmuta) al transmisor y envía un mensaje infrabanda para informar a la red que continua activo. Si la estación base no recibe un mensaje infrabanda dentro de periodo de tiempo dado, el canal es liberado.

Segundo método: Cuando el móvil ha estado transmitiendo por una cierta duración, automáticamente se revierte para recibir y esperar la señalización infrabanda antes de que la conmutación regrese al estado de transmisión. Si la señalización infrabanda no es recibida dentro de un cierto tiempo (por ejemplo, aproximadamente diez segundos), el canal es liberado. Este mecanismo es llamado procedimiento "anti-talk." El tiempo máximo (T) de la comunicación puede ser ajustado entre dos valores (T1, el valor mínimo y T2, el valor máximo) como una función de tráfico. El cálculo del periodo T puede ser obtenido dinámicamente usando la siguiente formula:

$$T = T1 + (1 - C)(T2 - T1)$$

Donde C es la carga de la red expresada en términos de porcentaje de ocupación del tráfico de canales.

El estándar de Señalización e información de Intercambio Binario (BIS) 1200 del ETSI. El estándar MPT 1327 fue diseñado como un método de señalización para redes de radio troncalizado. Fue considerado necesario para definir un nuevo estándar para señalización digital y para la transferencia de datos, eso satisfaría las necesidades de redes convencionales. Al inicio de los 1990s la falta de compatibilidad entre los diferentes sistemas de señalización obstruyó la actualización de las redes PMR. Así el ETSI, impulsado por ECTEL, (Asociación de Comercio Europea), emprendió el desarrollo del estándar I-ETS 300 230 el cual está fuertemente inspirado del estándar MPT 1327.



Figura 2.7. Configuración de Redes BIS 1200

La característica que los hace distintos, uno del otro, es la falta de un canal de control de separación. El estándar BIS 1200 fue aprobado en Agosto de 1993 (Figura 2.7). Este estándar usa una modulación FFSK (Fast Frequency Shift Keying) y un intercambio de información a una tasa de 1200 bps. Define la interfaz de radio y algunos de los equipos fijos (estaciones base, estación de operación, o suscriptor de teléfono fijo vía PBX o un conmutador público). El protocolo de señalización permite que la comunicación de dos o varias terminales sea llevado a cabo, ya sea voz o datos (Figura 2.8).

Los principales servicios ofrecidos por este estándar son

- Voz: llamadas individuales, llamadas de grupo, llamadas de transmisión general y conexión a la PBX.
- Datos: mensajes de estado, mensajes cortos y mensajes largos.

Las redes convencionales han crecido con poca planificación en el uso de las frecuencias y sin normalización. Como consecuencia de esto, es difícil hacerle frente al crecimiento del mercado y existe poca calidad en el servicio debido a que existen varios sistemas utilizando las mismas frecuencias. El funcionamiento de estas redes se basa en la cantidad de frecuencias asignadas para este tipo de sistemas por tanto es necesaria una regulación dado la escasez de frecuencias para este tipo de servicio. Esta situación es muy severa en muchos países. El número de frecuencias otorgadas condiciona el uso específico y la cantidad de estaciones transmisoras / receptoras autorizadas por la red, así como el rango máximo de alcance de cada estación base o repetidor.

Entre las principales desventajas que presentan estos sistemas están:

- Cobertura dedicada por las limitantes geográficas
- Ineficiente uso de la capacidad de los canales.
- Ineficiente uso del espectro.
- Frecuente contienda de tráfico.
- Inseguridad en el tráfico de voz (a menos que sean encriptado).

Como se observa las principales desventajas de un sistema convencional son: la capacidad de servicio limitada y la utilización ineficaz de espectro de frecuencia. Un sistema convencional normalmente se diseña seleccionando uno o más canales, de una asignación de frecuencia específica para el uso en las zonas geográficas autónomas, como se muestra la en Figura 2.10.

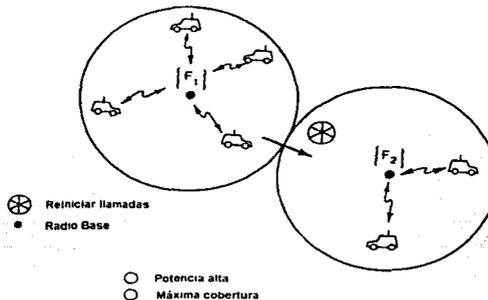


Figura 2.10. Desventajas en un Sistema Móvil Convencional

El área de cobertura de comunicaciones de cada zona normalmente es planeada para ser tan grande como sea posible, lo cual significa que la potencia de transmisión debe ser tan alta como la especificación federal lo permita. El usuario que empieza una llamada en una zona tiene que reiniciar la llamada al pasar a una nueva zona (Figura 2.10). Este es un sistema de radio indescable pues no hay ninguna garantía de que una llamada pueda completarse, sin un cambio de frecuencia. Otra desventaja del sistema convencional es que el número de usuarios activos se limita al número de canales asignados a una zona, con una frecuencia particular. Un número grande de subscriptores crea una probabilidad de bloqueo alta durante las horas más ocupadas en el sistema. La mayoría de sistemas de la radio móviles existen alrededor de los centros de mayor población.

Capítulo III. SISTEMAS TRUNKING

Las redes troncalizadas pueden dar servicio a varios grupos de usuarios reduciendo el número de frecuencias necesarias (por ejemplo, mejorando la eficiencia espectral) y también el costo de la infraestructura del sistema, la cual es compartida entre todos los suscriptores. Esta técnica globalmente ayuda a incrementar la eficiencia espectral de sistemas y mejora la calidad del servicio (notablemente el tiempo de espera para tener acceso). Los sistemas trunking pueden servir a cientos de usuarios por canal contra un porcentaje de unas décimas en el caso de varios sistemas convencionales. (Esto debe ser considerado como un valor medio que depende del perfil de tráfico. Algunos sistemas convencionales de despacho de taxis pueden soportar hasta 200 móviles por canal por que los mensajes de despacho son típicamente de 5 segundos de duración únicamente)

3.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS TRUNKING

Los sistemas Trunking han sido usados en Estados Unidos desde mediados de 1970s. El método trunking en el cual se basan, debe su nombre a la técnica usada en los sistemas telefónicos desde sus inicios. Éste consiste de multiplexar el tráfico proveniente de varios usuarios. Una vez que este alcanza la primer conmutación, el tráfico es llevado por un recurso compartido llamado un "trunk", para ser transmitido a la segunda conmutación. La magnitud del proceso de troncalización está determinada por la probabilidad de que dos usuarios no requieran realizar una llamada exactamente al mismo tiempo. A inicios del siglo XX, Erlang derivó las funciones de probabilidad comúnmente usadas. Desde los inicios de los 1980s, los sistemas de radio troncalizados han sido instalados por todo el mundo debido a su eficiencia mejorada.

La utilización, cada vez más intensa y extensa de los sistemas de comunicaciones móviles convencionales, pronto planteó problemas de saturación en el espectro radioeléctrico; una vez más, el avance tecnológico pudo aportar soluciones, con un denominador común: compartición de recursos. Para hacerle frente a los problemas anteriores, se han desarrollado en distintas partes del mundo sistemas de compartición de recursos conocidos por lo general, como sistemas troncales. Estos sistemas están actualmente aprovechando las ventajas de la tecnología celular.

La saturación se da, por lógica, en los ámbitos urbanos, donde operan flotillas dedicadas a los más variados servicios, normalmente independientes entre sí. En un principio, cada una de estas flotas utilizaba su propia infraestructura, con un radio canal en exclusividad, sin que el tráfico generado supusiera la saturación del mismo. Se planteó la posibilidad de que diferentes flotillas, operantes en un mismo espacio geográfico, pudieran emplear el mismo canal radioeléctrico, así como la misma infraestructura (repetidor). Esta propuesta supondría un ahorro económico, a la par que un más eficiente uso del espectro radioeléctrico. Requirió, por contra, mayor inteligencia en el sistema y, por ende, una señalización más potente que garantizase:

- Privacidad en las comunicaciones, es decir, que toda comunicación dirigida a una flotilla fuera escuchada por, y solo por, dicha flotilla.
- Compartición equilibrada de recursos: Tal aspecto supondría limitación de uso a cada flotilla, gestión de colas ante posible exceso de llamadas, medición del uso realizado por cada flotilla a efectos de tarificación, etc.

Cuando sobre una misma área de cobertura incrementa el tráfico demandado, no importando el número de flotas a atender, es preciso aumentar el número de canales disponibles. Dada la, hasta el momento, correspondencia biunívoca entre radio canal y canal de comunicaciones, la solución al problema

consistió en incorporar nuevos transeceptores al repetidor saturado y en dotar de agilidad en frecuencia a los equipos terminales. Dicha agilidad fue, en un principio, manual, esto es, el suscriptor, necesitando realizar una comunicación, si detectaba que el radio canal en el que él estaba sintonizado se encontraba ocupado, cambiaba de radio canal en su equipo y establecía comunicación por el supuesto en condición de libre. La potenciación de los medios de señalización e incorporación de inteligencia en los dos extremos de la red permitirían, con el tiempo, que tal agilidad se efectúe directamente por el sistema.

3.2. EFICIENCIA DEL MÉTODO TRUNKING

La teoría del método trunking está basada en:

- La tasa de ocupación media de un solo recurso por usuario es generalmente baja (especialmente en comunicaciones de voz).
- La probabilidad de que un gran número de usuarios intentaran acceder a un canal al mismo tiempo es improbable de ocurrir (los picos de tráfico son raros y de una corta duración).

En los sistemas convencionales cada usuario tiene un canal específico para todas sus comunicaciones. Éste es el asignado al grupo a que él o ella pertenecen y que es compartido con otros usuarios. Cualquier miembro del grupo que desee hacer una llamada tiene que esperar hasta que el canal sea liberado antes de poder acceder a él. Contrariamente, en los sistemas trunking, las terminales móviles tienen acceso, no solo a un canal sino a un grupo de canales y el recurso es asignado a los terminales móviles que realicen la petición de una llamada. Una vez que la comunicación está completa el canal es liberado y puede ser accesado por cualquier otra terminal. El uso promedio de un canal es incrementado sin impacto en el retraso del canal porque la carga de tráfico es distribuida uniformemente entre todos los canales.

Los terminales móviles troncalizados requieren funcionalidades adicionales más de las que necesitan las terminales convencionales PMR. Cada terminal tiene que ser capaz de sintonizar cualquier frecuencia del sistema. Además los móviles deben de ser capaces de comunicarse con un centro de control cuando accedan al sistema (por ejemplo, para estructurar una llamada). Finalmente, las técnicas digitales (notablemente en el caso de la segunda generación de los sistemas trunking) adicionan una compartición de frecuencias y, en particular, el uso de un procesador de señales, ha ayudado a obtener una excelente eficiencia espectral tan buena como una gran variedad en servicios de voz y más eficientes servicios de transmisión de datos.

El objetivo de los sistemas trunking es permitir que varios usuarios compartan recursos costosos y limitados, de manera tal que cada servicio de mayor calidad y fiabilidad resulte a un costo mucho más reducido. Los recursos limitados son las frecuencias disponibles y el costo de la infraestructura de la red. Entonces, un sistema troncal se diseña para satisfacer las necesidades de radio transmisión de usuarios o de grupos de usuarios, reduciendo el número de frecuencias necesarias y el costo de la infraestructura, ofreciendo características de cobertura y facilidades adaptadas a las necesidades de los usuarios.

Los sistemas de comunicación móvil terrestre se encuentran colocados en frecuencias menores a 1 GHz. Los sistemas troncales, por lo general, se colocan en la banda de los 90 MHz, contando con un pequeño grupo de canales espaciados 12.5, 25 ó 30 kHz.

El tráfico en canales de radio privados es significativamente diferente del tráfico de los sistemas públicos. Las diferencias principales son:

- El móvil, por lo general, trabaja en modo simplex.
- Las conversaciones generalmente son cortas (15 segundos de duración promedio de una llamada).

- Existe un número pequeño de usuarios en el sistema.
- Muchas veces los sistemas trabajan como sistemas de despacho.

Para cubrir áreas mayores, los canales pueden asignarse a distintas estaciones base siguiendo un esquema de re-uso de frecuencias de tipo celular. La concentración del tráfico en los canales y el reuso de frecuencia permite: manejar menores anchos de banda, atender un número mayor de usuarios y un mejor grado de servicio (reducción del tiempo de pérdida), para el mismo número de canales y el mismo volumen de tráfico. Troncalizar un sistema de radio multicanales incrementa la eficiencia del mismo debido a la administración dinámica del uso de radio canales. Esto se lleva a cabo por la computadora de control de canales de radio

Como se mencionó, los sistemas de comunicaciones privadas satisfacen requerimientos específicos. debido a esto, la cantidad de servicios que pueden proporcionar es muy amplia. Entre estos servicios se pueden mencionar:

- División de los abonados en grupos o subgrupos dependiendo de los requerimientos operacionales de los abonados.
- Atención de los grupos por despachadores.
- Accesos restringidos, por ejemplo a la red conmutada normal.
- Modos especiales de comunicación para usos en emergencias (conferencias abiertas, mensajes especiales,...)
- Mensajes cortos.
- Transferencias de llamada.
- Amplia cobertura.
- Prioridades, etc.

Entre las principales ventajas que presenta un sistema de radio troncalizado se encuentran:

3.2.1. Acceso más Rápido al Sistema

Los usuarios tienen el acceso más rápido al sistema desde todos los repetidores, en el sistema los repetidores están típicamente disponibles a todos los usuarios. Además, se asignan los canales de voz automáticamente, eliminando la necesidad del usuario de supervisar y esperar un canal libre.

3.2.2. Buena Eficiencia de Canal

Todos los canales típicamente son compartidos por todos los usuarios, produciendo una disminución global en la congestión del canal

3.2.3. Privacidad

Grupos de usuarios pueden ser asignados al uso exclusivo de un canal de voz para la duración de una conversación. Los usuarios en otros grupos no pueden escuchar a ese canal.

3.2.4. Diferentes Tipos de Comunicación

Los usuarios pueden comenzar una gran variedad de llamadas que incluyen uno-a-uno, uno-a-varios, y uno-a-todos.

3.2.5. Uso de una Cola de Espera

Las capacidades de la formación de colas de espera de un sistema trunking proporcionan un mejor aprovechamiento para tener acceso al sistema ordenadamente. Un característica nueva llamada nuevo usuario de cola hace posible indicar al usuario que debe colgar el micrófono y esperar para volver a llamar, es decir se le regresa una señal de ocupado. Esto auxilia al usuario de tener que presionar continuamente el botón PTT para obtener acceso al sistema.

3.2.6. Reintento Automático

El reintento automático elimina la necesidad de un usuario quién esté experimentando condiciones malas de señalización o interferencia.

3.2.7. Niveles de Prioridad

La provisión de diferentes niveles de prioridad asegura que los usuarios críticos tengan un acceso inmediato al sistema. Un rasgo reciente llamado la prioridad del usuario asegura que las comunicaciones continuadas pueden completarse en una base de prioridad encima de conversaciones que simplemente están comenzándose.

3.2.8 Expansión Flexible

Usuarios adicionales pueden agregarse sin agregar necesariamente canales adicionales o modificando las radios existentes.

3.2.9. Actualización Continua de Asignación

La característica de actualización continua de asignación asegura que un radio que simplemente entra en servicio en la mitad de una conversación se le asignará inmediatamente a un canal de voz apropiado para que el usuario pueda ser incluido en esa conversación.

3.2.10 Organización de Llamada de Usuario

El rasgo de organización de llamada de usuario permite organizar el sistema en cuanto a la funcionalidad, o grupos operantes, en lugar de frecuencias o canales.

3.2.11 Fallas Suaves

El rasgo de Falla suave asegura la capacidad de continuar la comunicación en caso de un funcionamiento defectuoso del controlador central. El funcionamiento del sistema revierte al funcionamiento en un sistema no-trunking en el cual los grupos son asignados a las frecuencias fijas de voz.

3.3. ARQUITECTURA DE UN SISTEMA TRUNKING

Un sistema de radio troncalizado recibe su nombre de la "línea troncal" que es usada en las comunicaciones de teléfono comercial. Una troncal es una trayectoria de comunicación entre 2 o más puntos, típicamente entre la oficina central de la compañía de teléfonos y uno o más usuarios. La línea troncal es compartida en tiempo por varios usuarios distintos, pero los usuarios del servicio telefónico no necesitan ser informados de que la línea troncal esta compartida. La parte transmisora establece una llamada a la parte receptora y se completa la llamada, el trabajo interno para el sistema de teléfono es transparente para los usuarios.

Las radiocomunicaciones sobre un sistema troncalizado son muy similares a las de estos sistemas de teléfono convencional. Las unidades de radio transmisora y receptora pueden ser consideradas como las partes transmisora y receptora del sistema telefónico. Y el sistema de radio troncalizado puede ser considerado como el equipo de la compañía telefónica. En lugar de líneas telefónicas, el sistema usa canales de radio para establecer las llamadas. Al igual que el sistema telefónico, los usuarios del sistema de radio, no son informados sobre cual de los canales en particular se está llevando a cabo la llamada. El servicio trunking es un servicio de radiocomunicaciones privado ofrecido por operadores particulares a empresas o compañías como solución de transmisión por radio de voz y datos entre la central de operaciones de la empresa y su personal, o entre el propio personal.

Los principales componentes de un sistema trunking están divididos en dos grupos (Figura 3.1):

- Una parte de hardware: Centros de control, sitios de radio, bases de datos de administración y mantenimiento, y terminales móviles.

- Una parte de software: Programas para administración y operación del sistema y las terminales.

3.3.1. Infraestructura Fija

La unidad central inteligente, usualmente un microcomputador integrado, llamado el controlador, típicamente administra entre 5 a 20 canales duplex. Un solo canal (llamado canal de transmisión o canal de control) es dedicado para señalización y el resto para tráfico. El desempeño del sistema es altamente dependiente del canal de control, el cual puede ser dedicado, multiplexado por división de tiempo con otros sitios, o capaz de llevar tráfico en el caso de que todos los canales de tráfico estén ocupados. El controlador supervisa y administra el sistema. Está conectado a las estaciones base, regula el flujo de las comunicaciones, procesa las peticiones de llamada, obtiene estadísticas de desempeño, y registra el estado del equipo y las señales de alarma.

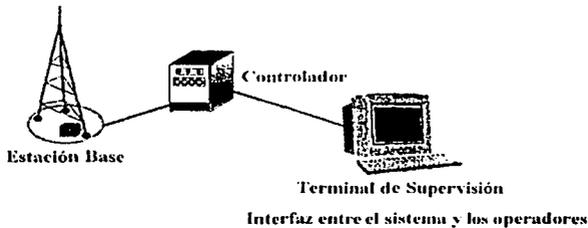


Figura 3.1. Estructura General de un Sistema Trunking

El controlador se encarga de las siguientes tareas:

- Localización de los móviles.
- Funciones de conmutación y procesamiento de llamadas (incluyendo la interconexión con las redes PSTN o PBX).
- Asignación Canal-Tráfico.
- Administración de la base de datos de los suscriptores: informa al sistema de las características de las flotillas, número de subflotillas, identificación de móviles individuales que usan la red, área de cobertura autorizada.
- Generación de información de facturación: sistema de reportes de llamadas, ayuda a emitir los registros de facturación, del centro "per se", o de un "ad hoc" centro de administración separado.
- Estadísticas de datos: ayuda al sistema administrador a rastrear la carga en el sistema (número de llamadas, duración, ubicación) y para ajustar los parámetros del sistema apropiadamente.
- Supervisión: tiene algoritmos y procedimientos para administrar varios componentes del sistema.

Las estaciones base contienen una o varias unidades de radio duplex, cada una de las cuales soporta un único par de canales de radio. Una unidad de radio fija consiste de un transmisor, un receptor, una fuente de poder, y un control junto con una interfaz de circuitos la cual es necesaria para conectar las estaciones base al sistema. Finalmente, el centro de supervisión del sistema permite a los usuarios funcionar dentro del sistema.

Trunking es un sistema de concentración de enlaces por el cual el tráfico generado por un colectivo de usuarios móviles se ofrece a un conjunto determinado de canales, de forma que existe una asignación dinámica de radio canales. Esta función se realiza mediante el protocolo MPT 1327, convertido en norma europea para la gestión de los canales, que adopta el protocolo de señalización digital ALOHA ranurado. Este sistema de compartición de canales constituye una técnica muy eficaz para un mejor aprovechamiento de las frecuencias.

Existen dos tipos de sistemas trunking:

- *Monoemplazamiento*, son adecuadas para la prestación de servicios trunking en zonas de cobertura como las que puede alcanzarse con un a sola estación radioeléctrica.
- *Multiemplazamiento*, en caso de coberturas de gran extensión, constituyéndose la red por un conjunto de nodos cada uno de los cuales gestiona y pondrá a disposición de los móviles de su zona un juego de frecuencias.

La configuración básica de un sistema troncal se muestra en la Figura 3.2. La estación base puede transmitir y recibir en cualquiera de los canales disponibles del sistema.

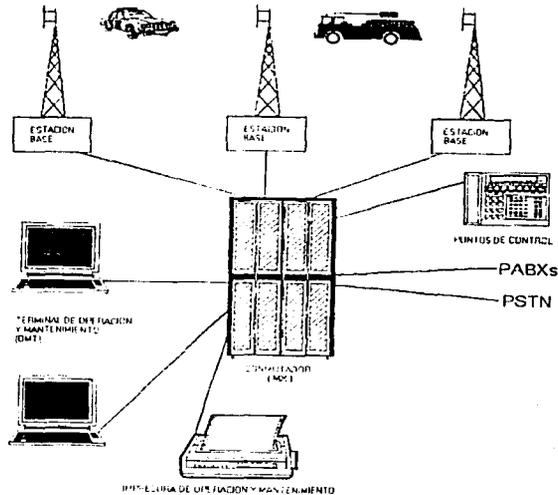


Figura 3.2. Arquitectura de una Red Trunking

La estación base recibe las peticiones de servicio de usuarios que desean utilizar el servicio por radio o por líneas terrestres y asigna los canales de manera apropiada. Si sólo se requiere acceso a los canales de radio, el sistema funciona como un repetidor de canales múltiples. Si se hacen conexiones a líneas terrestres, se necesitaría una matriz de conmutación para conectar cualquiera de las líneas terrestres a cualquiera de los canales de radio.

El procesador central realiza tres funciones principales; recibe las peticiones de servicio, las procesa, formando una cola de llamadas en espera si es necesario, y asigna canales libres, señalizando a los móviles apropiados y haciendo conexiones a través de la matriz de conmutación.

Cuando todos los canales se encuentran ocupados, las siguientes peticiones de servicio pueden tratarse de dos maneras:

- Pérdida: las llamadas son rechazadas, pudiendo el usuario tratar posteriormente.
- Cola: las llamadas se colocan en una cola de espera, para ser obtenidas en un orden específico.

Una cola tipo FIFO ("First Input - First Output") es más eficiente. Sin embargo, en la práctica los sistemas permiten varios niveles de prioridad. De esta forma se disminuyen deliberadamente los tiempos de espera de algunos usuarios, en detrimento de los tiempos de espera de otros usuarios. El diseño del sistema de radio (estación base, estación móvil, conmutador, etcétera) es muy semejante al de los sistemas públicos de radio móvil. Actualmente, este diseño apunta en la dirección de la aplicación de los resultados de la tecnología celular.

Todos los sistemas de radio troncalizado utilizan dos tipos de configuraciones de radio canales: Canales de control (o datos) y canales de tráfico (o voz)

Se debe designar un canal de control en cada sitio y los canales restantes son usados como canales de tráfico. El canal de control es usado para enviar información digital entre las unidades de radio y el equipo de cómputo que controla el sistema. Los canales de tráfico son usados para establecer la comunicación de voz entre los radios

Una descripción simplificada de la comunicación de una unidad de radio y la computadora de control es la siguiente:

- La unidad de radio continuamente escucha el canal de control, esperando instrucciones.
- Cuando se va a establecer una llamada, el radio envía un mensaje digital corto sobre el canal de control e informa la computadora de control que necesita un canal para comunicarse.
- La computadora de control escucha la solicitud de canal, asigna un canal disponible y envía este mensaje sobre el canal de control.
- La unidad de radio recibe la información del canal asignado y pone sus frecuencias de transmisión y recepción a este nuevo canal
- La unidad de radio y el canal asignado efectúan un reconocimiento.
- El radio señaliza de manera audible al operador que se le ha asignado un canal y que la comunicación puede iniciar.

Cada radio contiene un código de direccionamiento único. Este código identifica al radio que llama a la computadora de control y permite a esta llamar a una unidad de radio específica. Las unidades de radio pueden ser particionadas también en "grupos de llamadas" de tal forma que usuarios con requerimientos de comunicación semejantes puedan comunicarse entre sí

El principio del sistema troncalizado radica en el uso de un conjunto de canales que comparten varios grupos de usuarios, cuando algún usuario necesita hacer una llamada, se le asigna uno de estos canales para su uso exclusivo, pero al finalizar la llamada el canal es regresado a un depósito de canales donde puede ser asignado a otro usuario. Esto significa que cada radio móvil debe ser capaz de sintonizar todos los canales disponibles. La Figura 3.2 muestra las conexiones de sistema y la estructura de la red del sistema de radio troncalizado. Las comunicaciones de radio se realizan por medio de Estaciones Base

(BS). Las estaciones base están conectadas a las MX. Las comunicaciones entre abonados fijos o móviles son conmutadas a través de una red de conmutadores centrales de móviles (MX). Las centrales pueden tener interfaces a terminales de despacho conectados por línea, a la red telefónica pública conmutada (PSTN), a una central privada (PABX) y a las redes de datos propias del cliente para implementar aplicaciones de datos personalizadas.

3.4. SERVICIOS DE LLAMADA Y DE SISTEMA

3.4.1. Roaming

Roaming es un proceso que permite a las terminales móviles moverse libremente entre un sitio de una estación base y el sitio de otra dentro del sistema. Se requiere que el móvil seleccione el sitio apropiado y que se registre al cambiar de sitio.

3.4.2. Gestión de llamadas

Algunos sistemas conectan todas las llamadas en forma completamente automática usando funciones de roaming que le permiten a una terminal móvil permanecer en contacto mientras hace se desplaza libremente dentro de la red.

3.4.3. Puesta en cola de espera y prioridades de las llamadas

Trunking es un sistema de radiotelefonía orientado a la puesta en cola de espera más que al bloqueo. Si la parte llamada está ocupada, o si los radio canales o las líneas para la conexión están ocupadas, la llamada se coloca en una cola de espera hasta que el abonado o el recurso esté disponible. Normalmente las colas de espera se administran sobre la base del principio 'primero en entrar, primero en ser atendido'. Para las comunicaciones urgentes, se dispone de llamadas de prioridad alta o emergencia. Las mismas se anteponen a las llamadas normales en la cola de espera.

3.4.4. Temporizadores de llamada flexibles

Para brindar acceso al sistema a todos los usuarios dentro de un tiempo razonable, la duración de la llamada generalmente se controla en las redes de trunking. La duración máxima de llamada puede programarse individualmente para cada grupo, flota o usuario. Existen diferentes temporizadores de llamada para:

3.4.5. Diferentes tipos de llamada

Días laborables y feriados

Horas de densidad de tráfico pico, alta, mediana y baja del día.

3.5. SEÑALIZACIÓN

Varias formas de señalización son usadas en los sistemas trunking. La más utilizada es la señalización MPT 1317, originalmente definido en Gran Bretaña. Una de las formas más usadas en Francia es el estándar DGPT 2424 (una extensión del estándar PAA 1382), el cual es mucho más cercano al estándar MPT 1317.

La EEA (Asociación de Ingeniería Eléctrica, la cual actualmente es la FEI, Federación de Industria Electrónica), una organización Británica, en conjunción con el Ministro Británico de Correo y Telecomunicaciones (MPT, ahora conocida como la agencia de Radiocomunicaciones), desarrollaron conjuntamente el estándar a finales de los 1970s. Un estándar similar ha sido emitido en Francia con pequeñas diferencias (notablemente un cambio al campo de la palabra de sincronización y en la especificación de la modulación), conocida como PAA 1382.

El estándar MPT 1317 es comúnmente muy usado en el resto de Europa. Sus derivados son MPT 1327, 43, y 52. MPT 1327 define la especificación de los protocolos de señalización de la red y la funcionalidad de los terminales, y particularmente, define la asignación de los campos de las palabras de código. El estándar MPT 1343 define el protocolo para el uso de las palabras de código en los sistemas troncalizados. DGPT 2424 es el equivalente Francés de ambas especificaciones. MPT 1352 es un tipo de documento aprobado para los móviles trunking

Esta señalización es realizada digitalmente usando una modulación de subportadora basada en dos frecuencias de audio (1200 y 1800 Hz). La modulación usada es FFSK a 1200 bps (Figura 3.3). El formato de un mensaje MPT 1327 de una secuencia de sincronización de 16 bits de 1s y 0s, una secuencia de palabra de sincronización de 16 bits, un campo de datos de 48 bits, y un control de redundancia ciclica (CRC) de 16 bits.

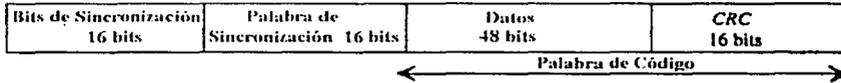


Figura 3.3. Formato de un mensaje MPT 1327

A la combinación de los 48 bits de datos y los 16 bits de CRC se le llama una palabra de código. El acceso al canal es llevado a cabo usando el método S-ALOHA (ALOHA ranurado) con longitudes de frame dinámicas. (Figura 3.4).

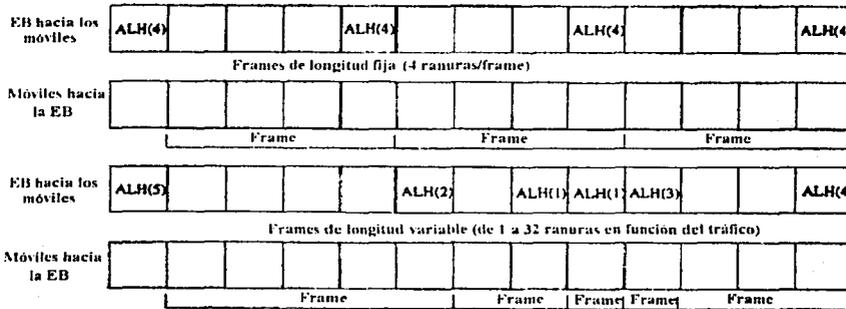


Figura 3.4. Estructura de un frame dinámico o fijo

3.5.1. Protocolo de Estructuración de Llamada en MPT 1327

Con el estándar MPT 1327, la señalización es transmitida digitalmente (Figura 3.5). Los mensajes de señalización del enlace de bajada son de una longitud de 128 bits y de una duración de 107 ms. Las terminales están permitidas para acceder al canal de acuerdo al protocolo ALOHA ranurado. La estación base regularmente transmite mensajes de invitación (marcados ALH por ALOHA) en el canal de transmisión.

El procedimiento de acceso inicia con la transmisión de un mensaje de acceso enviado por el móvil que llama (marcado como RQS para la petición). El centro de control contesta con un mensaje AHY (ahoy). Este mensaje es usado por la unidad que llama como un reconocimiento, por la unidad llamada como una petición de paging, e indica a todos los otros móviles que tienen reservada la siguiente ranura. Si la parte llamada recibe este mensaje y es activada, la unidad contesta con el envío de un mensaje ACK (acknowledgment) en la siguiente ranura reservada. Con la llegada de este mensaje y si hay un canal disponible, la estación base transmite a las terminales (la que llama y la que es llamada) un mensaje GTC (go to channel) indicando a las terminales que el canal de tráfico ha sido asignado para la comunicación.

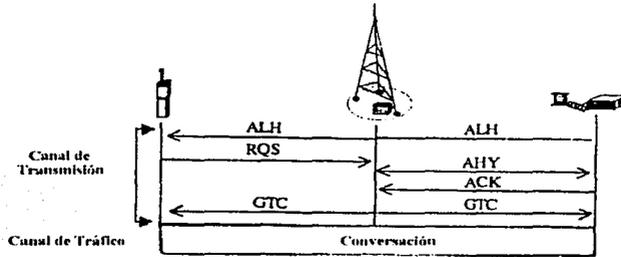


Figura 3.5. Intercambio de Señalización con MPT 1327

Los servicios básicos disponibles en un sistema MPT 1327 incluyen las siguientes:

- Tipo de llamadas: llamadas individuales, llamadas de grupo, inclusión de llamada, datos de la llamada, estado, y mensajes de datos cortos.
- Servicios Suplementarios: llamadas de emergencia, restricción de límite de tiempo en las llamadas, desvío de llamadas, y acceso a la red PSTN.

3.5.2. Canales de Señalización

Sistema de canales de señalización fija. Los canales de señalización / control / transmisión están ubicados en frecuencias fijas conocidas por todos los móviles. En un estado inactivo (por ejemplo, en ausencia de comunicación), los móviles escuchan a uno de esos canales y reciben los mensajes paging que están direccionados hacia ellos.

Una de las principales ventajas de esta configuración es que el sistema es capaz de administrar un gran número de canales de tráfico. Los móviles tienen un rápido acceso al sistema por que ellos normalmente están sincronizados a la estructura de ranuras del canal de control. Finalmente, los móviles no necesitan conocer todos los canales usados por el sistema. Ellos simplemente necesitan saber las frecuencias de transmisión sin tener que escanear (barrer) grandes porciones del espectro.

Algunos sistemas permiten que la frecuencia del canal de control sea asignada a un móvil si todos los canales de tráfico están ocupados. En este caso los móviles en estado inactivo tienen que esperar para su reaparición (en otras palabras, su liberación). No es preferible hacer esto en sistemas que utilizan un gran

número de canales debido a la importancia del tiempo de señalización. De hecho, el tiempo entre la liberación de un canal y su reasignación a otra llamada debe ser minimizado; de otra forma se podría formar una gran cola de móviles esperando que sea liberado algún canal cuando el sistema esté bajo una gran carga. Por ejemplo, en un sistema de 10 canales donde el tiempo normal de una asignación es de aproximadamente 2 segundos, la capacidad puede ser desperdiciada si la señalización es demasiado lenta.

Los sistemas con más de 10 canales deben usar un canal de control dedicado. Un mayor inconveniente con tal método es que un canal es monopolizado para señalización y el nivel de actividad generalmente no requiere un canal completo. También, en caso de problemas de transmisión en el transmisor del canal, puede haber únicamente un punto de falla. Para solucionar este problema, algunos sistemas ofrecen diferentes soluciones. O como en el caso de los sistemas convencionales – cuando un canal de control falla, los móviles entran a un estado de modo “fallback” donde ellos son distribuidos en canales de tráfico por flotillas, o un canal de control alternativo o de emergencia es predefinido y su frecuencia es conocida por todos los móviles.

Los sistemas de canales de control de tiempo compartido. El método más común bajo este nombre consiste de una multitud de sitios compartiendo la misma frecuencia del canal de transmisión por razones de eficiencia espectral (Figura 3.6). En este caso, el canal de transmisión siempre usa la misma frecuencia pero cambia su sitio en cada intervalo de tiempo.

Asignación sucesiva de la señal en diferentes sitios

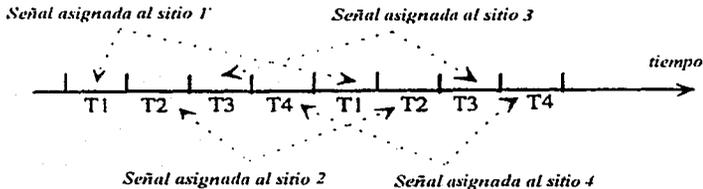


Figura 3.6. Sistema con Canal de Control de Tiempo Compartido

Canal de control rotatorio. Este es el segundo método más común. El canal de control está siempre en el mismo sitio pero cambia su frecuencia de acuerdo a la tasa de la llamada que esté llegando. El canal de control ya no usa una frecuencia fija, y el móvil que desee tener acceso al sistema tiene que escanear todos los canales hasta que detecte este canal. En este caso el tiempo de acceso incrementa en proporción al número de canales.

Principio de sistema de canal de transmisión en un sitio único. Cuando un móvil desea estructurar una llamada accesa al canal de transmisión el cual, cuando una llamada es estructurada, llega a ser su canal de tráfico. Para cada llamada el sistema debe seleccionar un nuevo canal de transmisión escogiendo un canal libre e identificándolo como tal. El canal de transmisión lleva la señalización específica que permite que otros móviles lo detecten. Como las llamadas sean estructuradas, los móviles en estado inactivo necesitan buscar la identificación nueva del canal de transmisión.

La mayor ventaja de esta técnica es que todos los canales pueden ser asignados para el tráfico de usuarios. La desventaja es que en las horas pico de tráfico, la duración promedio entre dos asignaciones sucesivas de canales nunca es menor que el tiempo requerido por un móvil para escanear todos los canales. El tiempo de escaneo es generalmente de unos 90 ms por canal. La limitante es que el tiempo de búsqueda no debe exceder el tiempo medio requerido para la espera de una llamada. Esta técnica es principalmente válida para sistemas con un poco menos de 10 canales. Lo óptimo es aproximadamente para un canal de cinco canales.

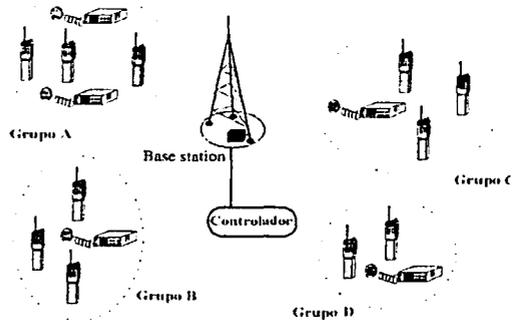


Figura 3.7. Sistema con Canal de Transmisión Rotatoria con 3 canales para 4 grupos de usuarios

Ejemplo del uso de un canal de transmisión rotatorio en un sitio fijo. Un ejemplo del uso de un sistema con canal de transmisión rotatorio se muestra en la Figura 3.7. esta técnica puede ser implementada usando un tono de llamada o con un subconjunto de señalización del sistema MPT 1327.

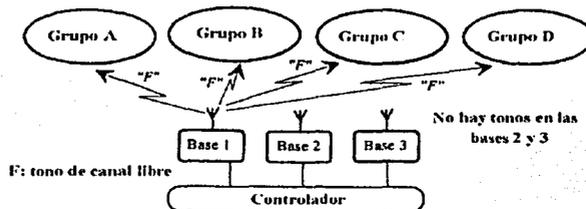


Figura 3.8. Terminales inactivos: todos los canales "cerrados" en la transmisión del canal 1

Supóngase que un sistema de tres canales sirve a cuatro grupos de usuarios como se muestra en la Figura 3.7. La base 1 (canal) transmite un tono F continuamente para mostrar que el canal está libre. Los otros canales no transmiten un tono (Figura 3.8).

El tono F(ree) es totalmente diferente de los tonos de los grupos de usuarios (A, B, C o D). En su estado de inactivos, los móviles buscan este tono en tres canales, y de esta forma, en nuestro ejemplo, son sintonizados al canal 1. Un móvil del grupo A, deseando comunicarse con otros miembros de su propio grupo transmite su tono (A), el cual es retransmitido por la estación base en el canal 1 y es enviado a todos los móviles. Los miembros del grupo A decodifican este tono. La base 2 ahora empieza a transmitir el tono F y se vuelve ahora el canal libre (Figura 3.9). Los móviles del grupo A cambian a un estado de recepción y escuchan al canal A. Los móviles de los otros grupos (B, C, y D) buscan el tono F y sintonizan este nuevo canal.

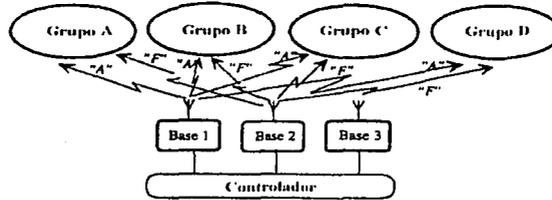


Figura 3.9. Activación de los móviles del grupo A

Cuando un grupo que pertenece al grupo B, C o D y desea establecer una comunicación, éste, en su turno. Envía el tono correspondiente para su grupo en el canal 2, el cual entonces estará ocupado (Figura 3.10).

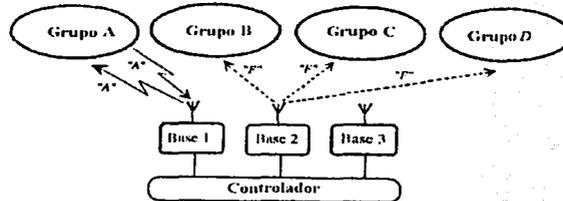


Figura 3.10. Grupo A en canal 1. Otros móviles en canal 2.

3.6. INGENIERÍA EN SISTEMAS PMR TRUNKING

La ingeniería en los sistemas PMR es relativamente simple comparada con los sistemas de telefonía celular. No obstante, con los sistemas de cobertura amplia, algunas medidas de precaución han sido observadas. Este es particularmente el caso para los sistemas que cubren áreas de sombra de traslapo, y donde se usan métodos de transmisión sincrónicos o cuasiesincrónicos. Las transmisiones de diferentes sitios y de similares fuerzas de campo son recibidas simultáneamente por cualquier móvil que pueda estar potencialmente ubicado en cualquier punto del radio de cobertura. Esas transmisiones simultáneas pueden aumentar los problemas de interferencia destructiva ocasionando enormes debilitamientos de la señal en varios puntos de la cobertura. En la práctica, la solución más simple consiste de la transmisión

de señales en un modo cuasisincrónico. Con este método, los transmisores en cada sitio usan frecuencias desplazadas de 10 a 40 Hz, lo cual ayuda a evitar puntos de permanente cancelación. Aunque la interferencia cocanal es experimentada, esta se manifiesta como una distorsión y no como una pérdida total de la señal. La mayor limitante de esos sistemas consiste de tener mecanismos de equalización para minimizar la distorsión de las señales recibidas.

Una alternativa usada para evitar las complejidades y los problemas causados por esos sistemas es el uso de varios canales. Cada canal cubre un área específica y los móviles deben por lo tanto seleccionar el canal para el área en la cual ellos estén ubicados. El inconveniente con este tipo de solución es que es más costoso en términos del espectro. Otra alternativa consiste de un método general de calidad en la señal que ayuda a obtener cobertura en áreas más amplias únicamente con un canal (Figura 3.11). Con tal método las estaciones base son instaladas en el área a ser cubierta, y en cualquier tiempo dado únicamente una estación base estará activa. Así, los móviles localizados en el área de cobertura no encuentran problemas de interferencia relacionados a los sistemas de sincronía.

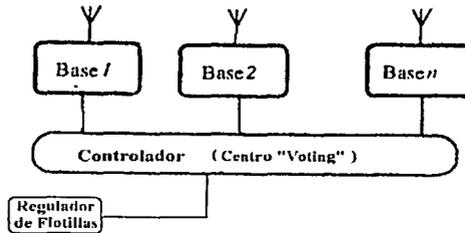


Figura 3.11. Característica principal del método "Voting"

Los sitios son conectados a un centro de control equipado con un sistema "voting". Su papel es evaluar las transmisiones entrantes de los sitios de acuerdo a la relación SNR, por ejemplo, medidas por cada estación o centro de control. La estación de la cual la calidad de voz (por ejemplo, el valor de la SNR) es la mejor será la escogida. Esta elección es realizada por cada transmisión y la estación base más apropiada es conectada a través del despachador.

Dimensionamiento de un canal de control de un solo sitio. La tarea consiste de determinar el número de llamadas por hora. Tomando el caso del MPT 1327 –como sistema, usando una duración de ranura de 106.7 ms, hay $(1.000/106.7) \times 60 \times 60$ ranuras por hora, o 33.750 ranuras por hora. El acceso en este canal es llevado a cabo en S-ALOHA (en otras palabras, con un rendimiento máximo de $1/e = 37\%$). Sin embargo, únicamente aproximadamente el 40% de esas ranuras están disponibles para un acceso aleatorio pues los otros están reservados por reconocimientos, mensajes de datos cortos, y el control del encabezado del sistema. El número máximo de accesos en este canal es $0.4 \times 0.37 \times 33.750$ o 4.966 ranuras por hora. Tomando en cuenta los problemas de propagación (por ejemplo, desvanecimiento, interferencia), se supone que solo el 85% de los intentos realmente obtendrán el acceso al primer intento. Con estos valores, puede deducirse que el canal de control puede llevar un promedio de 4.966×0.85 o 4.220 llamadas por hora. Para una duración de llamada media de 30 segundos, el número de canales de tráfico los cuales pueden ser soportados por un único canal de control son aproximadamente 3.5.

Capítulo IV. SISTEMAS CERRADOS DE RADIO MÓVIL TRONCALIZADO (Sistemas Propietarios)

A la hora de elegir un protocolo de comunicación o una señalización debemos de poner en la balanza que es mejor para nosotros. Los sistemas propietarios son tan buenos como los sistemas abiertos, pero los sistemas propietarios o cerrados esclavizan al usuario a utilizar las "bondades" de un modelo o equipo que no es compatible con ninguna otra marca y dejan al fabricante la responsabilidad total de que el sistema funcione a las especificaciones que él imponga. Pero, ¿qué ocurre cuando estas especificaciones cambian? El equipo se discontinúa, queda obsoleto ya que no es compatible. Por tanto el único beneficiado es el fabricante. Obviamente se buscan relaciones duraderas con sus clientes y éstos a su vez no quieren equipos que después sean obsoletos mientras sus sistemas estén en uso, ellos necesitan equipos duraderos, mientras más largo sea el tiempo y la garantía mejor.

En la actualidad existe un gran número de este tipo de sistemas instalados en todo el mundo. Sin embargo, en este capítulo sólo se incluirán los más importantes, cabe mencionar que el sistema cerrado con una mayor implementación a nivel mundial es el sistema iDEN de Motorola, Inc. A continuación se presentan las principales características de los sistemas cerrados: EDACS, TETRAPOL y iDEN.

4.1. SISTEMA EDACS

4.1.1. INTRODUCCION

EDACS (Enhanced Digital Access Communications System) es un sistema PMR digital propietario de Ericsson. Los primeros sistemas fueron instalados a finales de 1980, y el sistema ha encontrado una aplicación en el campo militar, tan bien como su uso en la seguridad pública. Cuando el sistema fue lanzado, su mayor punto de ventas fue su servicio de datos, los cuales eran inusuales para un sistema móvil de radio de esa época, y el sistema ha logrado un éxito considerable, particularmente en Estados Unidos.

EDACS es un complejo, todavía increíblemente flexible, sistema de comunicaciones diseñado para proporcionar seguridad, las radio comunicaciones bidireccionales fiables para seguridad pública, gobierno, ejército, negocios y organizaciones industriales. Con un número considerable de sistemas instalados a nivel mundial, su tecnología y productos son comprobados por los clientes más duros en la industria. Para considerar un nuevo sistema de radio bidireccional, hay muchos objetivos y opciones para considerar. Las mejores soluciones de comunicaciones emplean una combinación de tecnologías.

- Un sistema de comunicaciones de voz y datos que proporcionan eficiencia, coordinada con condiciones de trabajo activas para personas que no están normalmente en un escritorio
- Un conmutador telefónico que permite a los usuarios hacer y recibir las llamadas telefónicas vía microteléfonos fijos o teléfonos inalámbricos.
- Las LANs (Local Area Network) y el equipo de comunicaciones de datos de gran velocidad que da el acceso a los usuarios a las bases de datos centrales, correo electrónico, y los servicios de video.
- Un eje principal (backbone) de transmisión que vincula todos los servicios juntos en una red, entre otros:

Mientras esto suena bastante simple, implementar un sistema nuevo de comunicaciones, es un proceso complejo que requiere la experiencia y la especialización tecnológica para satisfacer todas las especificaciones

EDACS es un sistema de radiocomunicaciones que proporciona tolerancia a fallas, altas velocidades, voz analógica inalámbrica, y comunicaciones digitales de voz y datos. Un sistema de comunicaciones orientado a grupos permite a los grupos de usuarios comunicarse entre sí como si ellos estuvieran en un mismo cuarto. Las ventajas principales de este acercamiento mejoran en coordinación, intercambio eficaz de importante información, y mejoramiento de la seguridad del usuario. Como es integrado, transparentemente de datos, emergencia de llamada, tolerancia de fallas, y voz digital encriptada, EDACS representa el sistema de comunicaciones de radio más sofisticado en su clase.

4.1.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE EDACS

La meta final de cualquier sistema de comunicaciones es permitir a los miembros de una organización trabajar de una manera más eficaz, permitiéndolos al intercambio de información entre sí a través de largas distancias. De esta manera, las comunicaciones permiten que el funcionamiento de una organización sea llevado con mayor velocidad y precisión. EDACS mejora la productividad y la seguridad proporcionando comunicaciones de voz y datos en ambos modos: punto a punto y punto a multipunto (grupo), con las siguientes características principales:

- a) Comunicaciones orientadas a grupo, con el manejo especial de llamadas de emergencia- el personal puede estar en contacto con sus colegas en todo momento y las llamadas de emergencia terminan tan rápidamente como es posible. Las comunicaciones son más eficientes y la seguridad es mejorada pues siempre hay un camino de comunicación fiable a un punto del cual puede ser obtenida alguna ayuda.
- b) Voz y datos de gran velocidad (9.6 kbit/s) Integrados- el personal de campo puede obtener y salvar datos en una base de datos central. Las facilidades de los datos móviles, en efecto, obtienen la información de oficina para el exterior, por eso, se mejora la efectividad.
- c) Acceso rápido troncalizado (menos de 0.5 segundos)- Asegura que el personal puede estar en contacto entre sí con un mínimo de retraso de tiempo. También mejora la eficiencia del canal de radio, porque pocas frecuencias de radio son necesitadas para soportar el mismo número de usuarios.
- d) Capacidad de Área Ancha- EDACS puede proporcionar cobertura económica para todos, desde de una fábrica pequeña hasta una región entera o un país.
- e) Tolerancia Alta de Fallas- el procesamiento distribuido y el funcionamiento del canal de control aseguran que el sistema EDACS continúe trabajando, aun cuando alguna parte de él esté inhabilitada, durante una tormenta, por ejemplo.
- f) Modularidad y expansibilidad- El diseño modular de EDACS lo hace fácil de incrementar su radio cobertura y agregar funciones extras después. Un sistema EDACS de un solo sitio puede extenderse a través del tiempo a una red multi-agencia o nacional. La compatibilidad se mantiene con todo los desarrollos en EDACS, para que cada nuevo sistema EDACS pueda interactuar con generaciones anteriores y futuras. Esta flexibilidad protege la inversión valiosa y ayuda a satisfacer las necesidades de comunicación a largo plazo.

EDACS permite varios grupos de usuarios compartir una infraestructura común, haciéndolo idealmente ajustado al funcionamiento de multi-agencia, y trayendo beneficios significantes operacionales y de costo. El sistema está bajo constante desarrollo, con las mejoras en la tecnología y con nuevas características agregadas regularmente.

4.1.3. ARQUITECTURA DE SISTEMA

EDACS emplea una arquitectura distribuida, la cual asegura un funcionamiento continuo incluso después de una falla a nivel de componente o a nivel de equipo. Las múltiples características del sistema, y

La figura 4.1 muestra un sistema Multisitio típico con Gestor de Sistema y el CEC/IMC. El gestor de sistema puede conectarse a los sitios, al controlador Multisitio (CEC/IMC), y a las terminales remotas directamente, a través de módems dedicados, o vía módem de marcación (dial-up) Mientras el Sistema de Gestión puede ser colocado con el equipo de sitio permitiendo una conexión directa al controlador de sitio o al CEC/IMC, es más común ubicarlo remotamente en una oficina conveniente para el personal administrativo. En un sistema de gestión remota, terminales o controlador de sitio remotos, las conexiones requieren un módem en ambas ubicaciones.

4.1.3.2. CEC/IMC

El gestor del sistema contiene una base de datos común para las operaciones multisitio. Esta base de datos almacena datos de usuarios y del sistema para todos los sistemas dentro de una red CEC/IMC. La información de la base de datos pertinente, usada para controlar el equipo multisitio, es descargada del sistema de gestión en el CEC/IMC. Los ID de grupo o de unidades, y la información de alias es enviada a todas las posiciones de despacho para los propósitos de llamada. El IMC monitorea la actividad en cada uno de los sitios conectados y pasa las llamadas de un sitio a otro.

Puede controlar el tráfico entre los sitios de una manera inteligente para que cada sitio sólo asigne un canal activo a una llamada cuando tiene mas usuarios que necesitan ser involucrados. El IMC hace esto guardando la "huella" de los usuarios y sus grupos seleccionados en el sistema. Varios sistemas multisitio pueden ser conectados juntos para formar una red extendida. Esta capacidad hace de EDACS una solución ideal de comunicaciones para áreas geograficas grandes, tal como una región, estado o un país entero.

4.1.3.3 Director del Sistema de Comunicaciones

El Director de Sistema de Comunicaciones (CSD) es una red WINDOWS basada en una PC usada para el control y administración de la base de datos del sistema EDACS. El bloque de función CSD agrega una interfaz de usuario a uno o mas controladores de sitios, IMCs/CECs y otros equipos, los cuales están conectados usando enlaces de datos de gran velocidad. El CSD proporciona una plataforma de computadora multiusuario para la gestión de los parámetros de comunicación, la ejecución de comandos especiales, la actividad de recepción y las alarmas de comunicaciones.

Las funciones adicionales proporcionadas por el CSD son:

- Interfaz del Usuario Gráfica (GUI)
- Acceso de usuario múltiples a la base de datos compartida.
- Definición de grupos en la base de datos
- Unidad de definición en la base de datos.
- Sitio de Monitoreo
- Sistemas Multisitio
- Notificación de Alarma

4.1.3.4. Interfaz del Usuario Gráfica (GUI)

El CSD sirve como una interfaz de usuario gráfica que permite a los usuarios crear o hacer cambios a la base de datos del sistema, la pantalla muestra las alarmas y genera cambios de la estructura a la base de datos del sistema; dentro de esta interfaz gráfica se pueden observar alarmas y generar informes correspondientes. El CSD es fácil de usar, el software se corre en un procesador Pentium, con un sistema operativo de WINDOWS NT.

4.1.3.5. Interfaz Convencional (CI)

La Interfaz Convencional (CI) permite conectar casi cualquier estación base convencional al conmutador de radio CEC/IMC, proporcionando interoperabilidad con los sistemas PMR más viejos. Esta capacidad habilita una migración más sencilla de los sistemas convencionales a los troncalizados. La CI proporciona:

- Monitoreo de tráfico en los canales convencionales a través de un distribuidor C3 Maestro.
- Conexión de canales convencionales a un grupo de EDACS para permitir ellos una comunicación a los usuarios de forma convencional y troncalizada.

4.1.3.6. Interfaz de Red Convencional (CNI)

La Interfaz de Red Convencional (CNI) permite a viejas generaciones de sistemas PMR a estar cercanamente integrados con los sistemas de EDACS. Permite a los usuarios de PMR convencionales hablar con el despachador y otros usuarios de radio en los sistemas de EDACS, sin la ayuda de un operador. Cada canal puede ser asignado a grupos diferentes, dependiendo del canal de guardia usado por los radios convencionales. Desde que la interfaz es independiente de la frecuencia, viejas bandas bajas de frecuencia, pueden ser asignadas a los nuevos grupos de trunking. CNI se lleva a cabo de una manera similar a la CI.

4.1.3.7. C3 Maestro. Consola de Despacho

El C3 Maestro proporciona las funciones de despacho de radio. El C3 Maestro es implementado por la conexión de una consola de Despacho C3 Maestro a un conmutador de Radio CEC/IMC. Opera en un procesador Pentium de WINDOWS NT. El C3 Maestro proporciona:

- Manejo de llamada de grupo o individuales
- Monitoreo Simultaneo de a hasta 112 grupos
- Selección de Grupos.
- Despliegue del ID de la unidad que llama.
- Historial de llamadas (muestra quién ha llamado).
- Manejo Especial de llamadas de emergencia.
- Despliegue de Estado/Mensajes
- Funcionalidad Paging
- Interfaz de Usuario Gráfica Personalizada e Intuitiva.
- Soporta una gran variedad de interfaces de usuario, incluso del mouse, pantalla, y un teclado de despacho personalizado.
- Soporta una gran variedad de micrófonos y auriculares.

El sistema también puede contar con equipo de impresión (de manera global o local) y equipo para la grabación de las actividades realizadas dentro del sistema, como llamadas, accesos a consolas, etc.

4.1.3.8. Controlador de Sitio

El controlador de sitio recibe el sitio actual de base de datos del sistema de Gestión. Esta base de datos contiene los perfiles de seguridad única segmentados individualmente y por grupo. Si el sistema de gestión modifica los datos del sitio. Los cambios son enviados al Controlador de Sitio inmediatamente. El controlador de sitio constantemente monitorea las indicaciones de fallas del sitio, las alarmas son reportadas al Sistema de Gestión. El Controlador de Sitio también envía los registros de las actividades almacenadas al Sistema de Gestión cuando ellas alcanzan un nivel preestablecido o cuando el Sistema de Gestión las requiere.

4.1.4. CONFIGURACIONES DE EDACS

EDACS tiene cinco opciones de configuración, las cuales pueden ser expandidas para reunir los requisitos cambiantes de cobertura o funcionalidad en cualquier tiempo.

- Sitio Único
- Con Varios Receptores (Voted)
- Transmisión Simultánea (Simulcast)
- Canal Único
- Multisitio

Los sistemas EDACS de Sitio Único son usados para cubrir áreas geográficas pequeñas, como un pequeño pueblo. El sistema comprende un solo sitio de estación base con 3 a 24 canales y el sistema asociado de la antena. Los sistemas EDACS voted permiten usar varios sitios receptores para ser usados en conjunción con el sitio transmisor para mejorar la recepción señalada de los radios portátiles. Los sistemas EDACS de Transmisión Simultánea usan la transmisión y recepción simultánea de la información de audio y datos idéntica a través de dos o más estaciones base con la misma frecuencia portadora de RF. Los sistemas de Transmisión Simultánea (Simulcast) son usados en situaciones donde el número de frecuencias disponibles es limitado, pero el área de cobertura es demasiado grande para un solo sitio, o donde hay una necesidad de una cobertura RF consistente como en áreas de construcción.

Los sistemas EDACS de canal único son usados principalmente en conjunción con los de sitio único, sistemas voted o simulcast para proporcionar cobertura en áreas específicas no cubiertas por el sistema principal (áreas remotas) y donde hay una escasez de frecuencias. Los sistemas EDACS Multisitio pueden ser creados con la adición de un conmutador de radio, llamado un Multisitio Integrado y Controlador de Consola (IMC), entre dos o más sistemas de sitio único, voted, simulcast o de canal único.

4.1.4.1. Diseño Modular

Como resultado de la modularidad de EDACS, cualquier configuración puede ser actualizada a cualquier nivel más alto, o disponer de ella, simplemente agregando módulos. Por consiguiente, la obsolescencia de equipo es minimizada y las inversiones son protegidas. EDACS es un sistema modular tanto en el hardware como en el software. Los sistemas EDACS pueden ser conectados usando un IMC (Controlador de Multisitio Integrado) para formar sistemas multisitio, cubriendo áreas geográficas grandes. Uniendo sistemas multisitio que usando un StarGate, el controlador forma redes extendidas. Sistemas adicionales de radio, opciones de sistema de radio, y opciones de conmutación de radio pueden ser agregados en cualquier tiempo sin forzar una reconstrucción total del sistema. Lo siguiente, muestra cómo la funcionalidad de EDACS es dividida en capas, y cómo es posible agregar bloques de función extra incrementalmente.

Los bloques de funcionalidad en un estándar EDACS representan un sistema en su forma más básica. Los sistemas EDACS consisten típicamente de un sitio único con 3 a 24 estaciones bases troncalizadas conectadas a un sistema de antena. Mientras es simple en concepto, los sistemas de un solo sitio soportan la siguiente serie de funciones:

Trunking Trunking es una de las funciones básicas de EDACS. EDACS fue uno de los primeros sistemas de radio móvil privado (PMR) en emplear técnicas de trunking digital para superar la falta de disponibilidad de canales. En EDACS el sistema de radio troncalizado de multicanal es controlado usando computadoras poderosas. Esto asegura un uso muy eficiente de la disponibilidad del espectro

radio eléctrico y virtualmente elimina el retraso tradicional experimentado por las unidades de campo al intentar conseguir un canal de radio limpio.

En los sistemas PMR tradicionales, los canales asignados a un grupo son independientes de los demás canales. Cada móvil de los usuarios es fijado para operar en un solo canal, y si este canal está ocupado por otra conversación, el usuario tiene que esperar hasta que se esté libre para hablar, aun cuando un canal adyacente esté desocupado. A lo mejor, esto es irritante para el usuario que debe intentar muchas veces para conseguir un canal libre. En una emergencia, podría significar la diferencia entre la vida y muerte. Las computadoras controladas, técnica de troncalización digital usada por EDACS, proporcionan una solución a este problema permitiendo a muchos radios compartir los mismos radio canales. Siempre que el botón "push to talk" (PTT) sea presionado, el sistema encuentra un radio canal libre y lo asigna a la llamada. Un nuevo canal de radio es asignado cada vez que se presiona el botón PTT, incluso durante la misma conversación. Si todos los canales de EDACS están en uso, la llamada es automáticamente puesta en cola hasta que un nuevo canal este libre. Los canales libres son asignados a las llamadas puestas a cola en modo "las primeras que entran a la base son las primeras que salen", a menos de que haya prioridades asignadas a un usuario o a un grupo.

Desde punto de vista del usuario, el troncalizamiento digital asegura que un canal de comunicación esté disponible casi en cuanto el botón PTT sea presionado. Incluso con la búsqueda de un canal libre, el cálculo del nivel de prioridad, autorización de acceso y la estructuración de llamada toma menos de 0.25 segundos en un sitio único y menos de 0.5 segundos para una llamada en multisitio. Los usuarios con alta prioridad siempre recibirán el primer canal disponible. Desde la perspectiva de red, el troncalizamiento hace un uso eficiente alto del radio espectro disponible.

Canal de Control Continuumamente Disponible. Dos tipos de designaciones de radio canal en EDACS: Canales de control y de trabajo (tráfico). En cualquier momento dado, cada sitio tiene un canal de control. Los canales restantes son usados como canales activos. El canal de control es usado para enviar información digital entre los radios y el equipo de la computadora, controlando el funcionamiento del sistema. Los canales activos son usados para enviar mensajes de voz real o de datos entre los radios, y entre los radios y el centro de despacho. Teniendo un canal de control continuamente disponible asegura que la petición de una llamada puede ser siempre aceptada y eso funciona como la utilización de una cola de espera, las llamadas de emergencia, y la priorización de llamadas están siempre disponibles. Aun cuando todos los canales de voz están temporalmente ocupados, el personal de despacho será notificado inmediatamente de una emergencia y quién la ha declarado a través de una firma digital en el canal de control.

Un intercambio simplificado entre la unidad de radio y el equipo del sitio podría proceder como sigue:

- El radio monitorea el canal de control continuamente, esperando para instrucciones.
- Establece una llamada, el usuario presiona el botón PTT en su radio.
- El radio envía un mensaje digital a través del canal de control al equipo del sitio, pidiendo un canal para comunicarse.
- El equipo del sitio selecciona un canal activo disponible, y envía mensaje digital de regreso que contiene el ID del canal activo seleccionado a través del canal de control.
- Ambos, el radio que llama y el radio llamado, reciben la asignación del canal activo y ajustan sus frecuencias de transmisión y recepción al nuevo canal.
- El radio que llama intercambia "saludo digital" corto con el equipo del sitio a través del canal activo.
- Las señales audibles de radio señalan al usuario que un canal ha sido asignado para permitirle saber que puede empezar a hablar.

- El usuario que llama mantiene el botón PTT presionado y transmite su mensaje a los que están escuchando. Cuando el usuario que llama suelta el PTT, los radios regresan al canal de control. Esta función es implementada teniendo un número de estaciones base (3 a 24) localizadas en el mismo sitio de radio, cada uno equipado con su propio controlador de trunking, el cual puede ser asignado para el proceso del canal de control o del canal activo. Todos los controladores de trunking son unidos juntos por un enlace de datos de alta velocidad, lo cual forma un sistema de procesamiento paralelo.

Acceso de Canal Rápido y Transmisión Trunking. Debido a la alta velocidad de señalización digital de EDACS (9.6kbit/s), todo el proceso de estructuración de llamada, descrito arriba es realizado muy rápidamente. El tiempo de acceso al canal es menos de 0.25 segundos, mientras el tiempo de cambio de canal es de 0.16 segundos. Estos accesos rápidos al canal y tiempos de cambio proporcionan la base de muchas características avanzadas de EDACS. Ellos también permiten la transmisión troncalizada, la cual es más eficiente que el mensaje tradicional trunking. En funcionamiento, los sistemas de EDACS de transmisión troncalizada han mostrado ser un 20-25 por ciento más eficaces que los sistemas más viejos de mensajes troncalizados.

En transmisión troncalizada, el proceso de asignar los canales es repetido para cada apretón del botón PTT. Los transmisores subsiguientes son asignados a cualquiera de los canales activos disponibles, completamente transparente al usuario. Esto permite aumentar la capacidad, minimizar las llamadas puestas a cola y aumentar la seguridad para los usuarios. También permite que las ráfagas de tráfico, como los datos, sean transmitidos a través del sistema. La transmisión trunking solo es hecha posible por el tiempo demasiado rápido de acceso al canal ofrecido por EDACS. Maximiza la eficiencia con la cual los canales de radio son usados, haciendo uso de las pausas entre la voz para asignar el canal a otras llamadas, y consecuentemente más llamadas pueden ser soportadas, con menos formación de colas de espera. El modo de mensaje trunking asigna un canal de radio para toda la duración de la conversación. Esta conversación puede ser extendida para varias transmisiones (PTTs) por las partes en el grupo. Esto hace al mensaje trunking ideal para situaciones críticas, como las llamadas de emergencia, donde se necesita una garantía absoluta en la disponibilidad del canal. Porque la mayoría de las otras llamadas son en transmisión troncalizada, las llamadas de emergencia nunca tienen que esperar mucho para que un canal de radio llegue a ser liberado. Sin embargo, el mensaje trunking tiene una desventaja, mantiene un canal de radio agarrado para los periodos de tiempo más largos, desde que es sostenido durante los periodos vacíos entre los PTTs. Por consiguiente, el mensaje trunking sólo debe ser usado cuando sea requerido.

En EDACS el modo de funcionamiento preferido, las llamadas de grupo están en transmisión troncalizada, mientras las llamadas de emergencia están en modo mensaje troncalizado. Los parámetros del mensaje trunking sólo pueden ser ajustados y colocados por grupo o individualmente cuando el bloque de funciones de características mejoradas sea usado. La mayoría de los otros sistemas trunking hacen todos las llamadas en modo de mensaje troncalizado, por eso el ligamiento a los recursos valiosos del canal.

Capacidad de 24 canales. Cada estación base de EDACS puede soportar a 24 radio canales, suficientes para miles de usuarios. Los sitios de estación de base múltiples pueden ser unidos juntos usando un conmutador de radio para lograr una densidad más alta o cobertura de área ancha.

Llamadas de Grupo. Las llamadas de grupo son las llamadas normales hechas en un sistema de radio troncalizado. Los grupos son el equivalente troncalizado de los canales convencionales. Las ventajas importantes de las llamadas de grupo son:

- Mayor coordinación de funcionamientos permitiendo al personal comunicarse entre si instantáneamente.
- Mejoría en la seguridad a través del funcionamiento rápido y simple.
- No hay necesidad de personal para recordar números o códigos para localizar a un usuario individual.
- Un usuario puede llamar otro grupo sin tener que saber quién está en ese grupo.

Los grupos son normalmente colecciones de usuarios que necesitan comunicarse entre si regularmente. Por ejemplo, dentro de un sistema simple en una ciudad grande, los servicios de bomberos del Norte y Sur podrían cada uno tener su propio grupo, y la fuerza policíaca podría ser subdivida en varios grupos. Un usuario sólo necesita presionar el botón PTT en su radio y hablar a un lugar o a un grupo. Todos los usuarios que han sido seleccionados en algún grupo sus radios escuchan las comunicaciones en ese grupo. Muchos usuarios de EDACS han encontrado que arriba del 95 por ciento de sus llamadas son llamadas de grupo. El despachador también puede establecer las llamadas de grupo desde cualquier posición. El despachador establece la llamada de grupo y tendrá la misma contestación como un usuario de radio que hace una llamada de grupo. Un despachador que usa una terminal de despacho C3 Maestro es capaz de entrar en una llamada de grupo entre los radios del campo.

Jerarquía Flexible de Grupo. Los grupos son divididos en una estructura jerárquica, comprendiendo el sistema, las agencias, flotas, y las subflotas. Esta estructura permite una partición flexible de usuarios que pueden ser divididos geográficamente y organizacionalmente. De esta manera varios grupos de usuarios pueden coexistir en el mismo sistema, sin interferencia. Esto hace a EDACS particularmente conveniente para las redes compartidas, donde varias organizaciones comparten la misma infraestructura de radio. Por ejemplo, un sistema en una comunidad grande ha sido dividido en un pequeño número de agencias, como policía y los servicios de bomberos. Estas agencias pueden ser todavía divididas en flotillas, como la policía del distrito 1 y 2, o las estaciones de bomberos Norte y Sur. Cada distrito de policía puede ser aún dividido en subflotas, como detectives, el tráfico, patrullas, etc.

Todas las subflotillas subordinadas escucharán la llamada de alguna flotilla, y todas las flotillas y las subflotillas escucharán una llamada de agencia. Esto permite a los usuarios autorizados para hacer anuncios generales a ciertos grupos de usuarios. En sistemas competentes la falta de una estructura de flotas, no hay ninguna forma conveniente de comunicarse con varios grupos simultáneamente. La estructura de agencia / flotilla / subflotilla también puede ayudar a restringir el acceso a la base de datos de información. Cada departamento puede sólo restringir el acceso a sus bases de datos a sus propios administradores de sistema. En conjunción con la función de Grupo Scan, esta jerarquía permite modelos de comunicación única inter-flotas o inter-agencias para ser establecidos, para ayudar a asegurar que las personas correctas consigan la información deseada tan rápido como sea posible. En la configuración normal, los radios de EDACS pueden ser agrupados en más de 2,000 grupos.

Llamadas Puestas en Cola de Espera. Cuando todos los canales están ocupados, una nueva petición de llamada es puesta en una cola priorizada como los primeros en entrar, son los primeros en salir. El que llama y todos los miembros de su grupo, son notificados -con un tono y una indicación en la ventana del display- que la petición de la llamada se ha puesto cola. Cuando un canal es liberado, el que llama es alertado y puede hablar. Las llamadas de la emergencia siempre se mueven delante de las otras llamadas en la cola.

Llamadas de Emergencia. En una situación amenazante, la función de llamada de emergencia proporciona las unidades del campo con el acceso instantáneo a los colegas y el despachador. Incluso en los sistemas muy cargados, las llamadas de emergencia son manejadas rápidamente y eficazmente. Una llamada de emergencia es iniciada cuando un usuario presiona el botón de emergencia en la unidad del radio. El usuario es asignado inmediatamente a la prioridad de llamada mas alta y se le da un canal libre lo más pronto posible (en un evento raro, en que un canal no esté inmediatamente disponible). También,

el radio transmitirá voz por un periodo de dos segundos después de que el botón de emergencia ha sido presionado para permitirle al que llama hablar sin presionar el botón PTT. Las llamadas de emergencia en un sistema EDACS básico son en modo de mensaje trunking, cuando la eficiencia del canal no es la principal preocupación.

Porque la señalización tiene lugar en el canal de control, el despachador y todos los otros radios en el grupo son notificados de la emergencia incluso antes de un canal de voz esté disponible. La declaración de emergencia y la unidad que la declara es desplegada en el control del despachador. El ID del radio que declaró el canal de emergencia es mostrado en los displays de los radios en el grupo, en la terminal Directora de Sistemas de Comunicaciones (CSD), en la despachadora y en las estaciones de control de supervisión. Además, una alarma audible de advertencia es sonada. La llamada de emergencia puede ser establecida en un grupo de emergencia designado o en el grupo seleccionado actualmente. Desde que los miembros del grupo de trabajo son frecuentemente los más apropiados para responder una emergencia, el hecho que todos los radios en el grupo de trabajo ven y oyen la emergencia, es una ventaja de EDACS. En algunos sistemas competentes, sólo ciertas consolas designadas ven una declaración de emergencia.

Llamadas Individuales. En EDACS, cada radio tiene un número único de ID. Esto hace posible direccionar cualquier radio individual del centro de despacho o de otra unidad de radio que tiene autoridad para hacerlo. Las llamadas individuales permiten conversación uno a uno, la cual no es escuchada por nadie más en el sistema. Las llamadas individuales específicas pueden ser reprogramadas en un radio. En la configuración estándar, EDACS permite más de 16,000 usuarios individuales definidos en el sistema. Sin embargo, sistemas con más de 40,000 usuarios también han sido implementados exitosamente. El radio móvil que recibe una llamada individual sonará un tono audible para alertar a su usuario que está recibiendo una llamada individual. El número ID del radio que llama será desplegado y guardado. Si el botón PTT es presionado en un tiempo predeterminado, el radio llamado automáticamente contacta al radio que la ha originado. Esta retención lógica de tiempo lógico proporciona comunicaciones suaves, sin la ineficiencia ni otros problemas asociados con cronómetros más viejos.

Voz Analógica. Analógica, o limpia, las llamadas de voz son normales, comunicaciones analógicas de FM. Esta es la forma más común de radiocomunicación de voz. La voz recibida por el micrófono del radio modula la frecuencia de transmisión y se transmite a través de un canal ancho de 25kHz o 12.5kHz. En EDACS, las comunicaciones a través del canal de control, sin embargo, son todavía digitales.

Voz Digital. La voz digital encriptada proporciona un sistema de comunicaciones totalmente seguro. En las comunicaciones de voz digitales, la voz analógica es convertida en señales digitales antes de la transmisión, usando la tecnología de un vocoder digital. La voz digital es transmitida usando modulación digital GFSK en los canales de 9.6kbit/s, la cual es la misma tasa de transmisión del canal de control. Este diseño uniforme proporciona a todas las radio bases EDACS, la capacidad inherente para proporcionar voz digital, tan bien como voz y datos.

Interconexión Telefónica (Gateway de PBX). La característica de interconexión telefónica de EDACS permite a los usuarios autorizados hacer y recibir llamadas externas (públicas o privadas) de la red del teléfono, directamente de sus unidades de radio sin la ayuda del despachador. Los usuarios de la red telefónica externa pueden hacer llamadas grupales o individuales. Las llamadas pueden ser procesadas y ruteadas a la PSTN o un PBX. La interconexión telefónica puede ser proporcionada en un sistema EDACS básico conectándolo a un IMC/CEC con un Gateway de PBX.

Datos Digitales. Además de las comunicaciones de voz analógicas y digitales, EDACS también puede transportar datos. Todas las estaciones base de EDACS tienen una capacidad inherente de datos. EDACS es el único sistema de su tipo que puede integrar transmisiones de datos totalmente con otras formas de comunicación de esta manera. El proceso es conocido como voz/datos troncalizados (VDT). Esta

flexibilidad evita los intercambios tradicionales de canales requeridos cuando se opera únicamente con voz y datos, y mejora la eficacia del sistema previniendo el desperdicio de canales. Como todas las otras señalizaciones digitales en EDACS, los datos se transmiten a 9.6kbit/s, lo cual hace a EDACS una plataforma de comunicaciones de datos rápida y eficaz. Otra ventaja importante es que un radio único puede usarse para ambos voz y datos. Las radios de voz/datos combinados reducen la estructuración de la red, la expansión, y costos de reemplazo. Las aplicaciones personalizadas de datos son fáciles de llevar a cabo, usando una Interfaz de Programador de Aplicación (API).

Balance de Carga. Las llamadas de voz y datos son totalmente integradas en un sistema de radio. Las llamadas de datos son troncalizadas exactamente la misma manera como las llamadas de voz. Otra ventaja es la tolerancia a fallas. Porque EDACS soporta voz y datos en todos sus canales, las capacidades de voz o datos nunca se pierde completamente, por que siempre hay por lo menos un canal activo que opere. Porque todos los radio canales en EDACS son capaces de transportar voz y datos, el sistema adapta automáticamente el equilibrio actual del tráfico de voz y de datos. Los terminales de datos móviles (PCs) son simplemente conectados a la interfaz de datos de radio (RDI) de los radios existentes, y una computadora central es agregada para correr las aplicaciones de software. Los organizadores de datos pueden conectarse al sistema via RF para las aplicaciones de sitio único, o via un Gateway de Datos conectado al conmutador de radio para sitios múltiples. Casi cualquier dispositivo de datos inteligente con un puerto RS-232 puede ser conectado a un radio de EDACS. Estos podrían incluir los terminales de datos móviles, computadoras portátiles.

Mensajes de Estado. Las facilidades de estado y mensajes de EDACS permiten a un usuario de radio alertar al despachador o supervisor de su estado operacional actual. Presionando una simple tecla en el radio activa estos mensajes preprogramados. También permite al usuario enviarle un mensaje corto de contestación al distribuidor. Esto proporciona un método muy eficaz de intercambio, frecuentemente usado en las comunicaciones. La información del mensaje es llevada como datos digitales cortos en el canal de control entrante. Esto significa que los mensajes de estado no agarran ningún canal de voz o de datos.

Scan de Prioridad de Grupo. El Scan de Prioridad de Grupo permite a los radios monitorear varios grupos, ayudando a que ninguna llamada importante se pierda. Las unidades de radio autorizadas son dirigidas en una llamada de grupo si están listados en la lista del usuario. Si la radio está provista con encriptación o voz digital, también examinará los grupos de voz digital o de encriptación.

Entrada Posterior. Un usuario puede entrar posteriormente en una llamada de grupo en marcha, aun cuando su radio pierda la asignación del canal original. Esto es especialmente útil cuando la unidad de la radio simplemente ha sido conmutada. Esta función es posible a través de las frecuentes actualizaciones de asignación continuamente transmitidas a través de los canales activos y de control en EDACS. Funciona en los modos de voz analógica y digital. La mayoría de los otros sistemas trunking no transmiten las actualizaciones en los canales activos; por consiguiente, mientras escucha una llamada, usted puede perder otra de prioridad más alta. EDACS lo informará de esto, y su radio cambiará a la llamada más importante.

Despliegue del ID de la Unidad. Con esta facilidad, el ID de la unidad del radio se despliega automáticamente en los receptores. Pueden programarse radios con despliegues alfanuméricos para mostrar un nombre o un alias en lugar de un ID numérico.

Cierre de Transmisor Ocupado. Para transmisión de llamadas troncalizadas, cuando el PTT de la unidad es apretado, todas las unidades receptoras se cierran únicamente a la unidad que llama. Si el botón PTT de una unidad receptora es apretado, el transmisor bloqueado, la radio suena un tono de la advertencia y continúa supervisando la llamada sin interrupción.

Un Transmisor ocupado no interfiere con la función de llamada de emergencia. Si una unidad receptor necesita declarar una emergencia durante una llamada de este tipo, el usuario sólo necesita apretar el botón de emergencia. Esto causa una señal de emergencia a ser transmitida a través del canal de control. El sistema asignará un nuevo canal activo y todas las otras unidades en el grupo en modo de recepción se actualizan a la nueva asignación del canal para la llamada de emergencia. La radio perteneciente al grupo que estaba transmitiendo entrará posteriormente a la llamada de emergencia en cuanto su botón de PTT sea soltado.

4.1.4.2. EDACS como un Sistema de Varios Receptores (VOTED)

Los bloques funcionales de los sistemas EDACS Voteds permiten a varios sitios receptores para ser usado junto con el sitio del transmisor para mejorar la recepción de la señal débil en los radios portátiles. El sistema recoge las señales de todos los sitios y automáticamente selecciona la señal con la mejor calidad de audio. Los sistemas EDACS voteds contienen todas las funciones de los sistemas básicos, y además:

- Mejora en la recepción de señales débiles.
- Tiempo de Acceso rápido 430ms

Los sistemas EDACS Voteds raramente funcionan de manera aislada. Son usados normalmente junto con la función de Trunking. Los sistemas voteds son llevados a cabo usando de 3 a 24 estaciones base, las cuales sirven como sitio principal, transmisor, o sitios en conjunción, con varios receptores que se extienden alrededor de los sitios transmisores. Cada sitio receptor contiene un receptor por canal de estación base, el canal y el sistema voted une a todos los receptores juntos.

El plan único del sistema EDACS le permite seleccionar la mejor señal analógica en base a la calidad señalada, seleccionando la mejor voz digital, datos, y señal del canal de control en base a pequeñas proporciones de error. Así que siempre se selecciona la mejor señal, sin tener en cuenta el modo de comunicación. Todos los sistemas EDACS voteds soportan ambos tipos de comunicaciones, digitales y analógicas. Se mejora tolerancia de fallas en los sistemas de EDACS Voteds, en virtud del número aumentado de sitios del receptor. Esto aumenta la probabilidad de que una llamada tendrá éxito en cualquier parte del área de cobertura, incluso en caso de una falla en un sitio receptor.

4.1.4.3. EDACS como un Sistema Simulcast

Los sistemas EDACS Simulcast funcionan permiten la transmisión simultánea y recepción de información idéntica de audio y datos a través de dos o más estaciones bases con la misma frecuencia portadora de RF.

Contiene todas las funciones encontradas en el sistema EDACS Voted, con la adición de:

- Mejora la "Fuerza" de la Señal del Sistema. Simulcast es implementado usando varios sitios de estación base y sitios receptores conectados a través de un sistema voted y una señal de distribución y sistema de sincronización (Punto de Control). Los sitios de las estaciones base radian las señales sincronizadas en la misma frecuencia de RF. Hasta 24 canales pueden ser transmitidos simultáneamente en paralelo de diferentes sitios. La señal es distribuida usando una trayectoria de alta estabilidad, como microonda o fibra-óptica, del Punto de Control a los sitios transmisores. El bloque de función Simulcast normalmente se combina con el bloque de la función Trunking.
- Aumenta el área de cobertura. Simulcast es más empleado comúnmente donde hay un número limitado de frecuencias disponibles, donde el área de cobertura es grande, y donde hay una necesidad de una señal fuerte de RF, en áreas de construcción.

- **Capacidad de alarma Simulcast.** Un sistema de alarma especial se integra en los sistemas Simulcast de EDACS. Proporciona información de estado y fallas de cada sitio transmisor en el sistema para supervisar el sistema de un solo punto.
- **Prosincronización y Tri-sincronización.** Si las señales de diferentes sitios transmisores llegan fuera de fase, y el audio resultante será distorsionado. Para asegurar que esto no ocurra, la función de Simulcast contiene métodos de sincronización avanzados, automáticos tal como ProSync y Tri-sincronización. ProSync automáticamente sincroniza el canal del mando digital de gran velocidad y la señal de voz digital, y la Tri-sincronización sincroniza las señales digitales y analógicas.
- **Tolerancia a fallas Simulcast.** Los sistemas EDACS Simulcast tienen la misma tolerancia a fallas básica, pero contiene modos de fallas adicionales para la porción Simulcast del sistema. Si un enlace de comunicaciones de uno o más sitios fallan, estos sitios pueden ser convertido a funcionamiento de desviación a dónde los sitios afectados continúan operando en modo trunking solamente, en un subconjunto del total.

4.2. SISTEMA TETRAPOL

4.2.1. INTRODUCCIÓN

TETRAPOL es un sistema PMR digital basado en FDMA. Tiene sus orígenes en la norma propietaria abierta desarrollada por la compañía Francesa MATRA. Con la combinación de la modulación digital con la tecnología FDMA, TETRAPOL ofrece una solución PMR digital a un costo más bajo que los sistemas troncalizados como TETRA, aunque con una eficiencia un poco más baja y un rango de servicios más restringido. TETRAPOL ha tenido una ventaja significativa debido a que tuvo una presencia en el mercado años antes de la entrada del sistema TETRA, y ha sido adoptado por usuarios en 15 países, principalmente en el área de seguridad pública.

TETRAPOL enfrenta un problema en términos de establecimiento en EU. sin embargo aunque es reconocido por la UIT, no es una norma aprobada por el ETSI, estuvo por convertirse en TETRAPOL PAS (Especificación Disponible Públicamente), para ser una norma ETSI pero no fue concluido este proceso. La mayoría de los países de la Unión Europea están planeando usar TETRA, a pesar de que TETRAPOL ha sido reconocido por el Grupo Schengen en TETRA, y está en uso por las fuerzas de seguridad en Francia, España y Austria, así como en otros países Europeos como Rumania, Eslovaquia y la República Checa.

4.2.2. DEFINICIONES

Red Base (BN): red elemental, la cual es la entidad más pequeña capaz de operar en modo de red normal y proporcionar todos los servicios nominales y características disponibles. Incluye un RSWN y una o más Estaciones Base y corresponde a una subdivisión geográfica de una cobertura de red.

Estación Base (BS): La BS es la parte de Radio y Control del SwMI conectado al RSW.

Gestión Central de Red (CNM): El CNM centraliza la operación y mantenimiento de varias SwMI.

Centro de Despacho (DC): El Centro de Despacho puede conectar un número de Posiciones de Despacho (DPs) a la red TETRAPOL y puede proporcionar acceso de servicios a los servicios TETRAPOL a través de funciones de servidor y conmutación dentro del DC.

Posición de Despacho (DP): La posición de Despacho es un único puesto de trabajo conectado a la red o al Centro de Despacho.

Terminal de Datos Externos (EDT): La Terminal de Datos Externos puede ser conectado a través de una red X.25 privada o pública. Actúa como un servidor de comunicaciones de datos, un Gateway de base de datos y un suscriptor privado de almacenamiento de mensajes.

Repetidor Independiente (RP): El repetidor independiente puede ser el equipo usado en el Modo Directo para extender la cobertura entre dos móviles.

Centro de Gestión de Llaves (KMC): Este es el subsistema que administra el sistema de las llaves de seguridad.

Estación Base de Acceso a Línea (LABS): Interfaz de red para las Terminales de Línea Conectada y para las SADPs, también conocida como Unidad de Interfaz para Conexión a Línea (LCIU).

Terminal de Línea Conectada (LCT): La Terminal de Sistema (ST) conectada local o remotamente conectada al Sistema a través de una línea de conexión física.

Estación Móvil (MS): La estación móvil es la combinación de la terminal de radio y la terminal de Datos de Usuario.

Simulador de Estación Móvil (MSS) y Red de Datos (Pública): DN (P)

Centro de Gestión de Red (NMC): El Centro de Gestión de Red centraliza la operación y mantenimiento de diferentes redes base de una SwMI (OMC).

Estación de Base de Radio (RBS): Subconjunto de radio de la SwMI TETRAPOL, proporcionando interfaz para la Terminal de Radio.

Conmutador de Radio (RSW): Esta es la parte de conmutación de la Red Base. Puede constar de uno o varios niveles jerárquicos, esta es una opción de fabricación.

Red de Conmutación de Radio (RSWN): Esta es la parte de conmutación de la SwMI, puede constar de uno o varios RSW.

Terminal de Radio (TR): Terminal de Sistema Conectada a la infraestructura mediante un enlace de radio, también es conocida como Unidad de Terminación Móvil o MTU.

Posición de Despacho de Puesto Único (SADP): La Posición de Despacho de Puesto Único puede ser una posición de operador aislada proporcionando funciones de despacho y de gestión.

Módulo de Identidad de Suscriptor (SIM): El Módulo de Identidad de Suscriptor (SIM) puede ser un módulo trasladable que lleve a información de los suscriptores y los algoritmos de seguridad.

Infraestructura de Gestión y Conmutación (SwMI): La SwMI puede ser parte de una red TETRAPOL. Incluye dos subsistemas: la Estación Base (BS) y la RSWN. La SwMI incluye el Centro de Operación y Mantenimiento (OMC). La SwMI puede ser referido como la red.

Terminal de Sistema (STs): Punto de referencia de acceso al servicio proporcionado al usuario por el sistema. Las terminales de sistema son Terminales de Radio (RTs) y Terminales de Línea Conectada (LCTs).

Terminal de Datos de Usuario (UDT): La Terminal de Datos de Usuario puede ser una terminal de datos (Equipo de Terminal TE) conectado a la ST y usado para proporcionar servicios de datos.

Un modo "Fall back" es un modo operacional degradado, únicamente usado en caso de un incidente técnico.

Un modo Gateway puede ser construido entre el Modo Directo y el Modo de Red.

Esta cláusula se basa en los principios de referencia de configuración presentados en la Recomendación ITU-T I.411. Las nociones de teleservicios, servicios de soporte y servicios suplementarios aplican a TETRAPOL. La figura 4.2 muestra los puntos de referencia a considerar dentro de un sistema TETRAPOL.

El sistema está compuesto de una infraestructura (SwMI) establecida en un área grande llamada red y las terminales del sistema permiten a los usuarios a acceder a los servicios disponibles.

4.2.3.2. Modo de Red

En este modo funcional en el que la EM está bajo cobertura y escucha a la red (la EM tiene acceso a todos los elementos de la red). La figura 4.2 muestra los Puntos de Referencia de Conexión (CRPs), en el Modo de Red, los cuales están ubicados en los límites del sistema. El Punto de Referencia es un punto conceptual en la conjunción de dos grupos funcionales que no se traslapan.

R1.- debe ser el punto de referencia entre la terminal de datos del usuario (UDT) y el terminal de radio (RT).

R2.- punto de referencia entre la Terminal de línea Conectada (LCT) y la terminal de datos de usuario (UDT).

R3.- punto de referencia correspondiente a la interfaz de Aire de Radio entre la terminal Radio (RT) y la estación base (BS).

R4.- punto de referencia entre la Terminal de Línea Conectada (LCT) y la Red.

R5.- punto de referencia entre el Centro de Administración de Red (NMC) y la red.

R6.- punto de referencia entre el Centro de Despacho y la red.

R7.- punto de referencia correspondiente al Gateway PABX.

R8.- punto de referencia entre el MTA X.400 y la red.

R9.- punto de referencia correspondiente a la Interfaz Inter Sistema (ISI) entre dos redes TETRAPOL.

R10.- punto de referencia entre la Terminal de Datos Externos (EDT) y la red.

R11.- punto de referencia a otro sistema PMR

R12.- punto de referencia correspondiente a la interfaz BS - RSW.

R13.- punto de referencia correspondiente al Gateway PSTN.

R14.- punto de referencia correspondiente al Gateway ISDN.

R15.- punto de referencia correspondiente a la interfaz TCP/IP.

R16.- punto de referencia correspondiente al Gateway X.25 (PJDN).

R17.- punto de referencia correspondiente a la interfaz SADP.

R18.- punto de referencia correspondiente a la interfaz entre el SIM y la RT.

R19.- punto de referencia correspondiente a la interfaz entre el KMC y la red.

R20 Reservado

R21 Reservado

R22 Reservado

R23 Reservado

R24.- punto de referencia para el DMO

R30.- punto de referencia para el Repetidor

4.2.3.3. Modo Repetidor



Figura 4.3. Puntos de Referencia para un funcionamiento de Modo Directo

R1.- Punto de referencia entre la UDT y la RT

R24.- Punto de Referencia correspondiente a la interfaz de aire RT-RT

4.2.4. MODO REPETIDOR

En este modo operacional las transmisiones de radio tiene lugar directamente de la terminal a la terminal. El modo directo también permite escuchar a la red TETRAPOL mientras el móvil está bajo su cobertura.

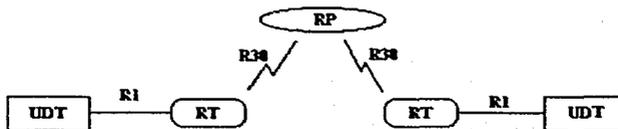


Figura 4.4. Puntos de Referencia para un funcionamiento de Modo Repetidor

R30.- Punto de Referencia entre la Terminal de Radio (RT) y el Repetidor (RP)

Un Gateway puede ser construido entre la Interfaz de Aire en Modo de Red y la Interfaz de Aire en Modo Directo (Modo Gateway). Los Modos Gateway y Repetidor pueden ser combinados.

4.2.4.1. Codec de Voz

La codificación puede ser hecha de fin a fin y como una consecuencia el CODEC puede ser únicamente requerido en el móvil y en Gateway y no puede ser necesario en la infraestructura. Combinado con la encriptación sincronizada de fin a fin, éste permite una codificación más simple, tiempo de respuesta más rápido y evitar el eco. Desde que la transcodificación es aplicada en las comunicaciones de móvil a móvil, la calidad de voz es optimizada. La voz puede ser digitalizada a una tasa neta de 6 Kbit/s y ser transmitida en un canal de tráfico de 8 Kbit/s. La duración del frame de voz de 20 ms corresponde a 120 bits. La técnica de codificación usada puede ser del tipo RPCELP, basado en el análisis por una aproximación de síntesis de código con codificación de pulsos regulares.

La codificación del canal puede ser usada para la protección contra la transmisión de errores. Usado en modo half-duplex, el CODEC de voz puede no requerir algún proceso acústico específico, como la cancelación de eco. El CODEC satisface los requerimientos de calidad, complejidad, retraso, y los derechos de información Industrial. En particular, puede demostrar un excelente desempeño bajo condiciones de funcionamiento específicas, como en un Ambiente de ruido. La baja complejidad del algoritmo de codificación de voz permite una mejor implementación para el procesamiento de señales.

4.2.4.2. Interfaz Inter Sistemas (ISI)

Entre los principales servicios y requerimientos funcionales de la Interfaz Inter Sistemas (ISI) se encuentra que ésta permite realizar el proceso de roaming de una red TETRAPOL a otra red TETRAPOL. Interconexión con GSM y TETRA tan bien como con sistemas analógicos existentes como MPT1327.

4.2.4.3. Principales Características de Radio

El modo de acceso de TETRAPOL es FDMA y la modulación usada es GMSK ($BT = 0,25$), 8 kbps. La banda de frecuencia está debajo de 1 GHz con una separación duplex de 10 MHz en 400 MHz. El espaciamiento de portadoras de RF debe consistir de 12,5 o 10 kHz con una posible extensión a 6,25 kHz.

4.2.4.4 Interfaz de Aire

Los Canales Duplex habilitan las transmisiones de radio entre una Estación Base (BS) y un Terminal de Radio (RT) en el Sistema TETRAPOL. Una Estación Base (BS) transmite en n radio canales ($n = 1$ a 24), uno de los cuales soporta el Canal de Control (CCH). La terminal de radio RT es entonces sincronizada en los n canales del enlace de bajada, y mantiene esta sincronización en los canales del enlace de subida, y cuando cambia entre los canales de tráfico y los canales de control. Los frames son organizados en superframes, con un periodo de 4 segundos (o 200 frames). La Terminal extrae la sincronización del superframe del canal de control. La transmisión está organizada en Frames de 160 bits, cada Frame es transmitido durante un intervalo de tiempo de 20 ms (equivalente a 160 símbolos de modulación) en ambas direcciones.

4.2.5. SERVICIOS DE RED

El principal objetivo de TETRAPOL es proporcionar servicios y procedimientos de red necesarios para el mayor número de usuarios con demanda en el sector de PMR, como los de la seguridad pública.

4.2.5.1. Modo de Red

Los servicios son servicios de telecomunicaciones en los cuales los usuarios accesan de las terminales. Corresponden a Servicios de Soporte, Teleservicios y Servicios suplementarios.

4.2.5.2. Teleservicios de Voz

Llamada de Canal Abierto para Transmisión General. Comunicación punto a multipunto de voz y datos de una parte llamante a varias partes llamadas dentro de un área predefinida seleccionable. El área seleccionada y todas las partes llamadas deben ser previamente definidas.

Llamada de Emergencia y Canal Abierto de Emergencia. En una acción de usuario, un status puede ser enviado por el terminal. Dos opciones entonces pueden ser posibles (como una opción de operador):

- Estructuración automática de llamada de un canal abierto preventivo;
- Usando una prioridad preventiva, un usuario predefinido (despachador,...) puede establecer una llamada escogida en una base operacional. Por ejemplo: canal abierto, escucha del ambiente, llamada individual....

Llamada de Grupo. Un número de grupo direcciona comunicaciones de voz entre una parte llamante y una o varias partes llamadas. Todas las partes llamadas deben pertenecer al mismo grupo (mismo número de grupo) el cual puede ser diferente del que inicia la llamada. El grupo puede ser reconocido o tal vez no

tener control de la presencia de las partes llamadas en la comunicación (*llamada de grupo no reconocido*). El fin normal de una llamada corresponde cuando el propietario de la llamada libera los recursos del sistema. La composición de un grupo puede ser modificada dinámicamente, la llamada puede ser limpia o encriptada y tal vez puede ser troncalizada.

Llamada Individual. Comunicaciones de voz bidireccional entre una parte que llama y una parte llamada (línea o radio conectado) para propósitos de despacho o de interconexión.

Llamada Multipartidaria. El servicio de voz permite a un usuario estructurar una llamada a varios usuarios enumerados (línea o radio conectado) por la marcación de tonos o por la selección de los usuarios a través de una lista predefinida. Este servicio permite comunicaciones punto a multipuntos entre partes previamente definidas tan bien como reconocimientos de la presencia de las partes solicitadas en la llamada. La llamada puede ser activada tan pronto como una de las partes llamadas responde.

Canal Abierto de Multisitio y Canal Abierto Troncalizado de Multisitio. Comunicación identificada por un número, entre varias terminales localizadas dentro de un área predefinida (red mono, multisitio, o multibase). El canal abierto es establecido y utilizado por terminales autorizadas. Los recursos pueden ser permitidos permanentemente durante la llamada o el troncalizamiento de usuarios.

4.2.5.3. Servicios de Datos

TETRAPOL ofrece los siguientes servicios de datos:

Servicios de Circuitos de Datos. Este servicio ofrece un circuito permanente o conmutado entre 2 terminales o entre una terminal y un Gateway a una tasa de datos estandarizada.

Servicios de Datos de Paquetes Conectados. Este servicio ofrece una conexión X.25 entre 2 terminales. Puede también ofrecer un acceso X.25 a una PDN externa o a una computadora directamente unida con la red TETRAPOL.

Servicios de Datos de Paquetes sin Conexión. Este servicio transfiere un único paquete de datos de una Estación Base a uno o más terminales de Radio en una fase única (por ejemplo: sin establecer una conexión lógica o un circuito virtual).

4.2.5.4. Teleservicios

Transmisión General sin Reconocimiento. Este servicio proporciona comunicaciones unidireccionales punto a multipunto sin reconocimiento.

Mensajes Cortos de Datos. Este servicio de mensajes debe ser optimizado para ser un servicio rápido que permita al usuario intercambiar un mensaje de usuario corto.

Transmisión de Estado. Este servicio puede permitir enviar o una transmisión general mayor o menor a un mensaje muy corto predefinido.

Acceso TCP/IP. Este servicio puede permitir el acceso a redes fijas (como el Internet) y a las correspondientes computadoras que cumplan con el protocolo TCP/IP.

Mensajes de Aplicación Externa. Este servicio ofrece una herramienta de comunicación para aplicaciones interactivas entre los terminales de red y una o más computadoras externas (por ejemplo: un query a una base de datos).

Mensajes Locales Rápidos. Este servicio proporciona una transmisión rápida de mensajes sin reconocimiento.

Mensajes Interpersonales (X.400). Este servicio hace posible que el usuario envíe mensajes a uno o varios usuarios. Esta transmisión de mensajes puede ser segura en términos de reconocimiento, en mensajes no entregados y almacenados. El servicio puede también permitir el envío de mensajes a suscriptores de otro tipo de redes. En este caso la interfaz con las redes TETRAPOL puede ofrecer una interfaz X.400 compatible con otras redes.

Paging. Este servicio complementa los mensajes locales y pueden permitir el envío del mismo tipo de mensajes de las posiciones de despacho a los pagers clásicos. Desde el punto de vista de un despacho, paging y los mensajes internos forman un servicio único.

4.2.5.5. Servicios Suplementarios (SS)

Un Servicio Suplementario es aquel servicio que modifica o complementa un servicio de soporte o un teleservicio. Un servicio suplementario no puede ser ofrecido como un único punto de servicio. Debe ser ofrecido en combinación con un servicio de soporte o un teleservicio. Los siguientes Servicios suplementarios son proporcionados por TETRAPOL:

Acceso con Prioridad. Este servicio suplementario da a los usuarios especificados acceso preferencial al sistema en el caso de una congestión. Un tratamiento preferencial puede ser aplicado únicamente a los enlaces de subida.

Selección de Área Adaptativa. Este servicio permite que la selección de área esté en función del movimiento del terminal de radio.

Escucha del Ambiente. Este servicio permite al Despachador establecer el equipo de un usuario en un tipo especial de llamada individual de tal forma que la terminal llamada este transmitiendo sin ninguna acción o indicación del usuario llamado. Escucha del Ambiente puede ser un servicio estructurado únicamente si el terminal llamado no está ocupado en una llamada.

Regreso de Llamada Automático. Este servicio puede permitir a la parte que llama (radio o línea conectada), encontrando una red ocupada, teniendo una llamada automática remarcada cuando los recursos de la red son liberados.

Completación de Llamada a un Suscriptor Ocupado. Este servicio permite a la parte que llama (radio o línea conectada), encontrando una parte llamada ocupada, teniendo una llamada automáticamente remarcada cuando la parte llamada este libre (la diferencia entre este servicio y el servicio call-me-back es que el call-me-back no es automático y la parte llamada puede o no regresar la llamada).

Exclusión en una Llamada. Este servicio previene a todas o ciertos tipos de llamadas o identidades de llamadas para ser emitidas o recibidas por un usuario o una terminal. La exclusión también podría inhibir el uso de los servicios suplementarios.

Llamada Autorizada por una Consola de Despacho. Este servicio proporciona un modo de estructuración de llamada donde la llamada entre tres partes tiene que ser autorizada por la consola de despacho. En cuanto al acceso telefónico el despachador o el operador pueden interceptar las llamadas entrantes o salientes y otorgar permiso para que la llamada sea completada. El mismo servicio puede ofrecer intercepción entre terminales.

Reenvío de Llamada. Este servicio permite a que una llamada dirigida a un terminal sea desviada a otra terminal (radio o línea conectada).

Identificación de la Parte Llamada (o de la que llama). Este servicio hace posible almacenar y/o desplegar a nivel terminal los ID's de las partes llamantes en una llamada.

Call-me-back. Este servicio permite a la parte que realiza la llamada ocultar su identidad a la parte llamada para evitar un subsecuente regreso de llamada.

Transferencia de Llamada. Este servicio permite a un usuario transferir una llamada iniciada a otro usuario en el sistema.

Llamada en Espera. Este servicio permite al usuario ser notificado de una llamada de voz entrante mientras que la terminal esta ocupado en otra llamada.

Escucha Discreta. Este servicio suplementario permite al Despachador escuchar una llamada de voz.

Tono Digital MultiFrecuencia (DTMF). Este servicio hace posible la transmisión con señalización DTMF a una red externa (PABX, PSTN, ISDN...) del teclado de un terminal.

Asignación Dinámica del Número de Grupo. Este servicio permite a un usuario autorizado crear, modificar y borrar un Grupo.

Inclusión de Llamada. Este servicio permite agregar uno o más usuarios en una comunicación existente.

Acceso a Interconexión. Este servicio permite la conexión a otras redes como ISDN, PSTN y PABX.

Entrada Posterior. Este servicio habilita a la red a enviar, durante una comunicación de grupo, indicaciones relacionadas a entrar posteriormente a esa llamada, y puede permitir a los usuarios entrar posteriormente a la llamada iniciada.

Restricción de Escucha. Este servicio previene la comunicación de móviles en una llamada punto a punto y evita que se escuchen entre ellos. Únicamente el despachador puede comunicarse con ellos.

Intrusión. Este servicio permite a un usuario autorizado intervenir en una llamada en curso.

Lista de Búsqueda de Llamadas. Este servicio permite a un usuario a definir una lista de búsqueda. Cuando es proporcionado este servicio la red inicia el envío de mensajes o petición de llamada a los primeros de la lista.

Llamada Prioritaria Preventiva. Llamada con Prioridad: Este servicio permite proceder a una llamada antes que cualquier otra llamada con un menor grado de prioridad. El nivel de prioridad puede ser asignado de acuerdo a varios criterios.

Escaneo Prioritario. Un usuario puede pertenecer a varios grupos. En el caso de llamadas concurrentes, la terminal puede conmutar automáticamente la llamada.

Direccionamiento con Números Cortos. Este servicio permite a un usuario (radio o línea conectada) o a un operador definir y usar números cortos. Los números pueden ser almacenados en la red, y si es necesario hacer la conversión de direccionamiento, la red puede hacerla.

Marcaación Corta. Este servicio permite ingresar únicamente los últimos dígitos para estructurar una llamada. Los dígitos faltantes son implícitamente iguales a los de la terminal que llama.

Selección de Área. Este servicio puede permitir a un usuario seleccionar una llamada por una base de llamadas en un área predefinida para ser usada por la red para la estructuración de una llamada. Para una llamada de grupo esto significa que los usuarios llamados puedan no ser alertados si ellos están fuera del Área seleccionada.

4.2.5.6. Aplicaciones

Las siguientes aplicaciones están definidas dentro del sistema TETRAPOL:

Acceso a Bases de Datos. Este servicio da la posibilidad a un terminal de consultar una base de datos externa en un modo de mensaje.

Fax. Esta aplicación permite el intercambio de faxes entre una máquina de fax conectada a una terminal TETRAPOL y:

- A un dispositivo de fax conectado a otra terminal TETRAPOL;
- A un dispositivo de fax conectado a otra red (en este caso un Gateway es proporcionado entre la red TETRAPOL y la otra red).

Transferencia de Archivos. Esta aplicación permite la transferencia de archivos.

GPS. Esta aplicación hace posible coleccionar a una Posición de Despacho los datos en los terminales. Los terminales están enlazados con receptores GPS.

Video. Esta aplicación permite el intercambio de imágenes de video entre dos dispositivos conectados a las terminales TETRAPOL.

4.2.6. PROCEDIMIENTOS DE RED

Los procedimientos de red son características ofrecidas por la red que el usuario no puede realizar desde las terminales. Estas son procesadas automáticamente o controladas por los administradores de la red o los despachadores.

TETRAPOL cuenta con los siguientes procedimientos de red:

Ligar-Deslgar. Este procedimiento informa a la red cuando una terminal de radio es encendida o apagada y remueve la identidad de usuario.

Limitación de la Duración de la Llamada. Este procedimiento permite limitar la duración de una llamada o de una transmisión. La limitación puede ser aplicada en las llamadas basadas en un parámetro general de la red o en la prioridad de los usuarios.

Reestablecimiento de Llamada. Este procedimiento conmuta una llamada en progreso de una célula (o área de transmisión general) a otra, o entre canales de radio en la misma célula.

Grabación de Llamadas. Este procedimiento graba una llamada en curso dentro del sistema.

Retención de Llamada. Este procedimiento define un nivel relativo de protección de una llamada (una vez establecida) contra la probabilidad de tener los recursos de la red casi agotados.

Reagrupación Dinámica. Este procedimiento permite a la Posición de Despacho modificar a cualquier tiempo la composición de un grupo.

Interrelación de Grupos. Este procedimiento brinda la posibilidad a un despachador agregar uno o más grupos en una llamada establecida.

Migración. Este procedimiento realiza un cambio de red.

Chequeo de Presencia. Este procedimiento proporciona un mecanismo para corroborar la presencia del usuario.

Modo de Ahorro de Energía. Este procedimiento proporciona un modo con el cual el terminal de radio esta activo o inactivo para el ahorro de energía.

Prioridad de Push-to-talk. Este procedimiento proporciona a algunas Posiciones de Despacho con una prioridad para intervenir durante una llamada.

Roaming. Este procedimiento realiza un cambio de ubicación de área dentro de la misma red.

Registro de la Ubicación del Terminal. Este procedimiento permite a los Posiciones de Despacho coleccionar la ubicación de las terminales en términos de células donde ellos estuvieron registrados.

Control de la Potencia de Transmisión. Este procedimiento proporciona un mecanismo para controlar la potencia de transmisión de una EM.

Gestión de los Perfiles de Usuario. Este procedimiento administra los derechos de acceso al usuario y los parámetros de servicio.

4.2.7. PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD

Los procedimientos de seguridad han sido designados para cada modo de operación del sistema:

- * Intercepción de señales de control.
- * Bloqueo.
- * Hacerse pasar por otra infraestructura TETRAPOL.
- * Hacerse pasar por otro usuario.
- * Repetición.
- * Reuso de la identidad de usuario.
- * Análisis de Tráfico.
- * Intercepción sin autorización de señales de voz y datos en cualquier parte del sistema.
- * Barrera antidifusión.
- * Detección de Intrusión. Control de acceso y reporte de incidentes a un operador.
- * Encriptación de fin a fin. Transmisión encriptada desde el transmisor hasta el receptor sin decriptación intermedia.
- * Login / Logout.
- * Autenticación Mutua (red-terminal).

- * Gestión de llaves de seguridad. Formas de encriptación para grabar y para transmitir llaves automáticamente en la Interfaz de Aire.
- * Generación temporal de identidad de terminal. Procedimientos particulares adicionales, en caso de incidentes técnicos para asegurar funciones de seguridad.
- * Inhabilitamiento de Terminal. Inhibición del funcionamiento del terminal de radio.
- * Control de identificación de terminales. Verificación de existencia y consistencia de los parámetros de la Radio Terminal.

4.2.8. SERVICIOS EN MODO DE REPETIDOR

Servicios de Voz:

- Llamada de Emergencia;
- Llamada de Grupo;
- Llamada Individual;
- Grupo de Charla.

Servicios de Datos:

- Modo de Circuito;
- Status.

Servicios Suplementarios:

- Escucha del ambiente;
- Llamada en Espera;
- Identificación de las partes que intervienen en una llamada;
- Escucha Discreta;
- Dual watch;
- Entrada Posterior;
- Marcación Corta;

Dual Watch: Este servicio hace posible al usuario escuchar a la red TETRAPOL cuando está bajo cobertura de red. Hay dos partes en el servicio dual watch, la indicación que la terminal está bajo la cobertura de la red, indicación que la terminal es llamada en la red.

Aplicaciones:

- Fax;
- GPS;
- video.

Procedimientos de Seguridad:

- Encriptación de fin a fin;
- Login/Logout;
- Gestión de llaves de seguridad;
- Selección Manual de llaves. Carga manual de llaves por el usuario.

4.2.9. SERVICIOS EN MODO DIRECTO

Servicios de Voz

- Llamada de Emergencia;
- Llamada Individual.

Servicios de Datos

- Modo de Circuito;
- Status.

Servicios Suplementarios

- Escucha de Ambiente;
- Dual watch;
- Entrada posterior;
- Marcación corta;
- Identificación de las partes de la llamada.

Aplicaciones:

- Fax;
- GPS;
- Video.

Procedimientos de Seguridad:

- Encriptación de fin a fin;
- Login / Logout;
- Gestión de llaves de seguridad;
- Selección Manual de las llaves.

4.2.10. BANDAS DE FRECUENCIA

Los sistemas TETRAPOL operan en las frecuencias de radio de 70 MHz a 520 MHz. El espaciamiento entre canales puede ser de 12,5 o 10 kHz, con una posible extensión de 6,25 kHz. Hay dos versiones de la interfaz de aire. La primera (Versión de Frecuencia Muy Alta) es designada para operar en las frecuencias debajo de 150 MHz. La segunda (Versión de Frecuencia Ultra Alta) es designada para las frecuencias de radio superiores a 150 MHz. La parte completa de la interfaz de aire es común, excepto para los frames de datos y voz, en el cual los enlaces y los métodos de codificación son diferentes dependiendo del tipo de versión. El sistema de radio TETRAPOL puede, soportar un ancho de banda de 5 MHz correspondiente a 500 canales de radio de 10 kHz o 400 radio canales de 12.5 kHz. El desplazamiento de frecuencia entre el enlace de subida y el enlace de bajada del mismo radio canal es constante. El valor recomendado en las bandas UHF es 10 MHz.

4.3. SISTEMA iDEN

4.3.1. INTRODUCCIÓN

iDEN es un sistema de radio digital propietario de Motorola. Tiene un esquema de modulación de nivel alto (16-QAM) el cual permite un uso muy eficiente del espectro de radio, permitiendo soportar 6 canales de voz en un canal de radio de 25 kHz. Hay varios sistemas iDEN operando a nivel mundial, pero ninguno está en operación en Europa. iDEN es eficiente, y proporciona un conjunto completo de características PMR. El sistema es más apropiado para sistemas PAMR con una gran cantidad de usuarios, desde que comparte la desventaja de un sistema TDMA de tener un número mínimo de canales, seis en este caso comparado a los cuatro de TETRA. Sin embargo, desde que el sistema propietario, incluso de un líder de industria como Motorola, el potencial para la asignación de frecuencias e interoperabilidad está limitada.

El gran crecimiento del mercado de comunicaciones inalámbricas ha producido una gran variedad de oportunidades para mejorar las comunicaciones entre individuos. Debido a este crecimiento, la necesidad de optimizar los recursos del espectro de Radio Frecuencia (RF) y la proporción del eterno incremento de servicios es esencial. Para proporcionar el incremento en los servicios inalámbricos, iDEN capitaliza dos tipos de comunicaciones:

- **Half-duplex** — donde un usuario está transmitiendo (hablando) y los otros usuarios están recibiendo (escuchando).
- **Full-duplex** — donde hay un enlace abierto bidireccional que permite comunicaciones bidireccionales

Muchas veces las comunicaciones no requieren un enlace full-duplex. Envío de mensajes, paging, algunas formas de comunicaciones de datos y comunicaciones de voz estructurada son, o pueden operar efectivamente en modo half-duplex. Las conversaciones telefónicas tradicionales y enlaces de datos más intensos requieren la habilidad de interrupción; lo cual requiere un modo de operación full-duplex.

iDEN proporciona estos dos tipos de funcionamiento, esto permite que el tráfico de voz sea transportado en modo half-duplex, proporcionando además funcionalidad full-duplex cuando sea requerida. Como parte de los esfuerzos continuos para soportar el gran crecimiento de las comunicaciones inalámbricas, el sistema iDEN es una integración del tradicional Push-To-Talk (PTT), half-duplex, tecnología analógica de radio y vasto en características, comunicaciones celulares digitales full-duplex. Esta integración de tecnologías de comunicación proporciona múltiples funciones y beneficios para usuarios móviles mientras optimizan los recursos disponibles de la infraestructura.

Las comunicaciones tradicionales PTT de radio en ambientes corporativos y municipales fueron limitadas por el número de radios y por la licencia de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Estas restricciones limitaron el área de cobertura, el contacto fuera del área asignada, las unidades móviles bajo licencia, y la privacidad. El sistema iDEN:

- Removió los requerimientos de licitación en la FCC
- Comunicaciones abiertas a otras corporaciones y a todos los teléfonos
- Incremento el área de cobertura
- Permite llamadas privadas y de grupo
- Optimizó los recursos de RF
- Mejora la calidad con frecuencias más altas y tecnología digital

Debido a la disponibilidad finita del espectro de Radio Frecuencia (RF) y a la necesidad de optimizar este recurso, la tecnología iDEN incremento la eficiencia de una única portadora de RF de 25 KHz. Aplicando hasta seis veces el tráfico que en una portadora celular del sistema AMPS. En adición al incremento de la eficiencia del canal, un sistema iDEN puede ser desplegado para proporcionar comunicaciones fuera de la red (roaming). La capacidad de interconexión telefónica permite a los usuarios tener servicio de roaming transparente a través de áreas de servicio ligadas. Un usuario puede establecer y recibir llamadas de una Estación Móvil (EM) que esté que en su propio sistema. Esto también permite ofrecer servicios integrados, como son:

- Mensajería (Servicio de Mensajes Cortos)
- Llamadas Privadas, Bidireccionales y Servicios de Telefonía Celular
- Correo Electrónico de Voz
- Interconexión de Redes de Datos (Intranet, Red Privada Virtual (VPN), Internet).

Desde que iDEN utiliza tecnología digital, proporciona buena calidad de voz, la interferencia es reducida y la calidad de voz es mejorada. Con el crecimiento de la industria inalámbrica, los usuarios están buscando más servicios e incrementar la funcionalidad de un único proveedor de servicios. Con el Sistema iDEN, ese crecimiento de servicios puede ser fácilmente proporcionado por que los enlaces de radio reducen el tiempo de instalación y el costo.

4.3.2. ORGANIZACIÓN

Para proporcionar la creciente necesidad de servicios de telecomunicaciones emergentes, los sistemas iDEN están organizados en diferentes niveles o áreas. Esas áreas están basadas en áreas geográficas de tamaño decreciente. Las áreas son:

- *Global.* Global se refiere a nivel mundial, multiproveedor, Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Los servicios de teléfonos disponibles a nivel mundial pueden ser accedidos por el sistema iDEN usando llamadas Interconectadas. Cuando el sistema iDEN usa la interconexión del sistema PSTN, las reglas y procedimientos de PSTN son usados.

- *Regional.* Una Región es un área geográfica grande que está usualmente asociada con más de un mercado o, más de un área urbana. Un único proveedor de servicio proporciona servicios por regiones. Un proveedor de servicio puede tener mercados adyacentes que pueden estar unidos para proporcionar servicios contiguos. Regiones pueden ser cubiertas ya sea por llamadas de Despacho o de Interconexión.

- *Domnio.* Un dominio es una división lógica opcional de una región. Este está usualmente definido por las estrategias de venta y de mercado como un área geográfica basada en flotillas. El intento es subdividir la región en pequeñas áreas basadas en patrones de uso esperados. Puede haber hasta 50 dominios que puedan ser asignados. Cada dominio puede contener hasta 254 áreas de servicio y representar el área de operación de una flotilla. Un Dominio:

- No puede dividir el área de servicio
- No puede cruzar los límites de la MSO.
- Pueden ser geográficamente continuos y no deben traslaparse.
- Deben conformar una geografía obvia - límites demográficos
- Deben tener límites en áreas de cero, o pocos suscriptores
- Deben hacer uso natural de obstáculos que limiten el movimiento del suscriptor

Para minimizar el movimiento de suscriptores entre dominios, los límites de los dominios deben evitar contener caminos, carreteras, y vías públicas. Obstáculos como ríos, montañas, y diversas áreas geográficas separadas por la falta de cobertura contigua de RF. Los usuarios dentro de un dominio tienden a permanecer dentro de sus límites. Un negocio de flotilla normalmente permanece dentro de un dominio a través del curso del día.

- *Área de Servicio.* Un área de servicio es un grupo de Áreas de Servicio de Despacho (DSAs) que definen un rango de operación. Pueden ser definidas áreas de servicio múltiple. Las áreas de servicio se pueden traslapar. Los usuarios dentro de un área de servicio tienden a permanecer dentro de sus límites. Un usuario que sale fuera del área de servicio no será capaz de obtener servicio de despacho.

- *Área de Localidad.* Es un área geográfica lógica que está basada en la presente (la más reciente) ubicación de las Estaciones Móviles (EM). Cada EM en el sistema iDEN tiene un identificador de ubicación de área (LAIs). Como la estación se mueva, diferentes sitios de célula pueden servir a la EM. El equipo que pueda servir a la EM define la locación de área.

• **Célula.** Una célula es un área abastecida por un patrón de propagación de RF de las antenas y un radio de una torre remota (sitio celular). El área es el tamaño efectivo de la célula. Un sitio celular EBTS puede ser omnidireccional o sectorizado. Un sitio omni tendrá 1 célula. Los sitios sectorizados tienen de 2 a 12 sectores (células). Los sitios sectorizados tienen comúnmente 3 células. Una EM es localizada por un enlace de radio entre 1 o más células.

4.3.3. AMBIENTES LÓGICOS

La mayoría de las comunicaciones pueden estar lógicamente organizadas y agrupadas. Cuando un número suficiente de usuarios es logrado, los patrones de llamada y las relaciones de comunicación pueden ser organizadas en 4 diferentes modelos funcionales. Las unidades del modelo son:

- **Global** — todos los usuarios potenciales de comunicaciones de voz y datos. Este método proporciona marcación directa a otros suscriptores de red. Uniendo directamente al sistema iDEN y otros equipos de proveedores, cualquier equipo de PSTN en el mundo es un potencial recurso para los usuarios. Un proveedor único de servicios puede tener mercados en más de un área geográfica. En este caso, las conexiones del mismo proveedor en diferentes mercados o centros urbanos son referidos como dominios.
- **Flotilla** — grupo lógico extenso de usuarios basado en un común vínculo consistiendo de entre 15 a 65,000 usuarios. Una flotilla es una organización lógica de gente y/o sistemas que requiere movilidad. En grandes términos, una flotilla en un suscriptor. Un suscriptor puede ser:
 - Un individuo
 - Un negocio
 - Una Agencia
 - Un departamento gubernamental o municipal
 - Una Familia
 - Cualquier organización funcional con miembros que se comuniquen entre ellos.
- **Grupo** — Un subconjunto de una flotilla basado en la interrelación de usuarios en una flotilla (administración, ventas, transportes, conductores, etc.). Individuos o grupos pueden ser seleccionados para compartir recursos para entrar a una conversación.
- **Usuario** — Un individual o un dispositivo compatible que tiene acceso a la red. Los usuarios son individuos con dispositivos de red (radios, teléfonos y dispositivos similares).

4.3.4. VENTAJAS

Los productos de la red iDEN proporcionan múltiples ventajas importantes en comunicaciones inalámbricas:

- Flexibilidad de Escalabilidad
- Eficiente uso de los canales de RF en varias bandas del espectro
- Conmutación de Circuitos (marcación dial-up) y Paquetes de Datos (IP)
- Capacidad de despacho para llamadas privadas, Locales y de Área amplia
- Servicios celulares GSM
- Mensajes Alfanuméricos
- Tecnología de Comunicaciones Digitales
- Dispositivos compactos portátiles (Estaciones Móviles)

Escalabilidad de Red La tecnología iDEN proporciona facilidad de operación, implementación, migración y crecimiento del propio sistema. Con normas de diseño consistentes y actualizaciones de software, nuevas y mejores tecnologías pueden ser implementadas en la red para minimizar la necesidad de hardware nuevo. La segmentación de tareas y funciones permiten la implementación de nuevas tecnologías dentro de la infraestructura existente. La red puede ser expandida y adaptada a las demandas

dictadas. Como las demandas de l mercado se incrementen, la tecnología iDEN continuamente está proporcionando hardware expandible y nuevo software actualizado para mejorar la capacidad y la calidad de los servicios. El descubrimiento de nuevas tecnologías está siendo basado en los mismos principios y estándares, para que la migración sea estructurada y más fácil de manejar.

Uso del Canal de RF: Un sistema iDEN permite múltiples usuarios en una portadora de RF única. Los productos iDEN proporcionan portadoras de RF definidas con centros distintos y separaciones de ruido muy bajas que exceden los estándares y recomendaciones de los Estados Unidos.

Funciones digitales: Las redes iDEN inalámbricas soportan comunicaciones digitales de datos para:

- Computadoras Móviles Remotas
- Fax
- Mensajería
- Internet Inalámbrico (Paquetes de Datos)

Las tecnologías de Circuito conmutado del sistema iDEN (marcación dial-up) y Paquetes de Datos proporcionan un enlace de comunicación para transferencia de datos y elementos de red inalámbricos compatibles con Internet. Cualquier dispositivo en la red inalámbrica debe ser compatible con los canales en el área de cobertura local.

Gestión de Redes de Datos con Conmutación de Circuitos: Usando las tecnologías tradicionales de marcación, una EM iDEN puede acceder y usar los servicios de computadoras remotas basados en los derechos de acceso y permisos de un servidor Host y un proveedor de servicios de Internet.

Gestión de Redes de Paquetes de Datos: Los paquetes de datos permiten a una EM estar unida lógicamente a un sistema host de Internet. Usando paquetes de datos una EM llega a ser un nodo móvil remoto en la red asociada.

Llamadas de Despacho: Las llamadas de la consola de despacho siguen el modelo de comunicación half-duplex. Esto aplica a la mayoría de las comunicaciones de voz. Las llamadas de la consola de despacho dividen una portadora única de 25 MHz en 6 canales. Esta división incrementa la carga en la portadora de uno (celular analógico) a un máximo de 6 por portadora. Durante una llamada, un canal en la portadora es usado. De igual forma para todos los miembros de un grupo, durante una llamada grupal en un sitio único, únicamente se usa un solo canal— reduciendo recursos. Un canal es usado y asignado para la duración de la conversación. Esta consolidación reduce el tráfico de red y permite una asignación dinámica de canal para maximizar los recursos de red.

Llamadas de Interconexión: El proveedor de servicios puede escoger la provisión del sistema para optimizar los recursos usados para optimizar la calidad de voz. El sistema iDEN divide una portadora única de 25 MHz en 6 canales. El proveedor puede abastecer un canal por llamada para optimizar los recursos usados o el proveedor puede abastecer 2 canales a una llamada para mejorar la calidad de voz aunque se reducen los recursos disponibles.

Servicios de Mensajes Cortos: Como parte de los servicios de suscriptor, hasta 140 caracteres alfanuméricos pueden ser transmitidos a una estación móvil. Este servicio de mensajes cortos (SMS) puede ser aplicado a dispositivos de voz y datos compatibles con el área de cobertura local de la red. Este servicio es parte de, y controlado por, el Centro de Conmutación Móvil (MSC).

4.3.5. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL

Las comunicaciones digitales presentan varias ventajas respecto a las comunicaciones analógicas:

- La compresión de voz maximiza los recursos de red y reduce las intervenciones no deseadas
- Rechazo de paquetes dañados reduce el eco e interferencia para mejorar la calidad de voz
- Mejoramiento de seguridad por la codificación de voz y datos digitales
- Intranet, Red privada Virtual (VPN) y Acceso a Internet
- Incremento de potencial para los servicios de suscriptor

4.3.6. ARQUITECTURA DE RED DEL SISTEMA IDEN

El sistema iDEN consiste de varios componentes y piezas de hardware. Los componentes y hardware están ubicados a través del área de cobertura de los servicios locales de la red. Para simplificar la integración, el equipo utiliza estándares industriales para su tamaño físico, requerimientos de potencia, y conexiones para evitar interferencia. Cada componente mayor tiene subsistemas para desarrollar tareas más específicas.

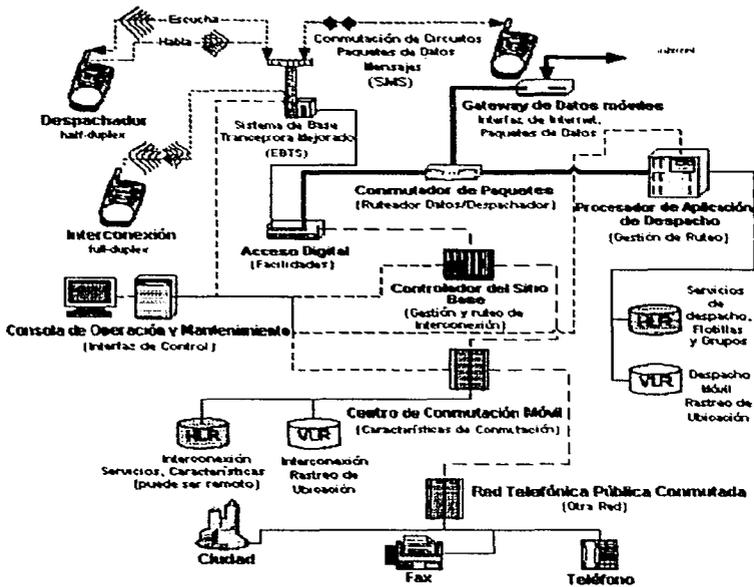


Figura 4.5 Arquitectura Simplificada de una red iDEN

Esta sección describe los elementos de red del sistema iDEN (Figura 4.5). Los elementos de red son hardware y software que de forma operacional componen el sistema. Cada uno de los elementos será descrito individualmente.

4.3.6.1. Estación Móvil

Una Estación Móvil (EM) es la interfaz final de usuario a la red. Una Estación Móvil es un teléfono, pager, módem, transceptor móvil, transceptor base, o un dispositivo similar que esté registrado en, y compatible con, el sistema iDEN. Las estaciones móviles, también son llamadas móviles o unidades suscriptoras, ay son capaces de:

- Multiservicios (capaces de varias funciones)
- Llamadas autorizados por un Despachador
- Interconexión de llamadas
- Roaming
- Mensajes de Mail
- Comunicaciones de Datos

La red proporciona estos servicios a través de todas las estaciones móviles, sin embargo, algunas estaciones móviles pueden no ser compatibles con todas las funciones. Los productos listados están disponibles en Internet en: <http://www.mot.com/LMPS/iDEN/>.

4.3.6.2. Sistema de Base Transceptora Mejorado (EBTS)

En el sistema iDEN, los radios de las estaciones base y el equipo de control asociado están contenidos en el Sistema Transceptor de Base Mejorado (EBTS) o, más comúnmente, sitios celulares. Los EBTS proporcionan los enlaces de Radio Frecuencia entre la red y los EMs. Las Radio Bases (BRs) realizan las comunicaciones con las EMs, enviando tanto el control de información como la voz comprimida sobre el radio canal. Los componentes del EBTS (Figura 4.5) están montados en un rack. El sitio EBTS consiste de

- Un Gateway de Control Acceso (ACG), el cual puede ser un Controlador de Sitio integrado (iSC) o los más viejos, una plataforma VME
- Una o más Radio Bases (RBs)
- un Sistema de Distribución de RF (RFDS)
- Un sitio de sincronización con un Sistema receptor de Posicionamiento Global (GPS)
- Una Interfaz de Red de Área Local (LAN)

Gateway de Control de Acceso. El Gateway de Control Acceso (ACG) es el controlador de sitio y el Gateway de comunicación entre un sitio EBTS y la red del sistema central. El ACG existe en dos versiones. La versión VME-bus y la versión modular del controlador de sitio (iSC). La versión iSC del ACG consiste de dos unidades

- El controlador de Sitio (iSC) que integra el Gateway de acceso, referencia de tiempo y las facilidades de las funciones terminales
- La unidad de monitoreo iDEN (iMU) que integra el sistema de Alarmas de Ambiente (EAS) y el Radio Monitor Base (BMR)

El iSC discrimina entre llamadas de Despacho, Interconexión y de paquetes de datos. También controla el tiempo de la radio base y concluye las facilidades de transporte. Las Facilidades de Infraestructura de Red (TI/EIs) son terminados en el iSC. La iMU integra el sistema de Alarmas de Ambiente (EAS) y la funcionalidad de la Radio Base Monitor (BMR) en una única unidad. La información de alarmas y de

estado es reportada al Centro de Operación y Mantenimiento de Radio (OMC-R) a través del EAS/BMR en los sistemas VME y de la iMU en los sistemas de versión modular. Dos controladores de sitio (iSCs) son recomendados para una operación redundante. Esas unidades son conmutables en software (Activo - En espera). La comunicación entre el maestro (activo) y el de espera es iniciada por el controlador activo. Esta redundancia reduce el mantenimiento. En el caso de una falla en el EBTS, el iSC permite un operador OMC-R para realizar pruebas a las fallas aisladas entre el EBTS y los (T1/E1) y, tal vez la carga de nuevo software. El ACG también permite al operador conmutar remotamente el ACG en espera del sitio. El ACG controla las radio bases de RF a través de una LAN Ethernet.

Radio Base. El EBTS requiere una Radio Base (RB) por cada portadora de 25 MHz. El EBTS soporta hasta 20 radios cuando está configurado como sitio omni y 24 radios como un sitio de 3 sectores. Una RB puede ser removida del EBTS y reemplazada con una nueva sin sacar al sitio del aire. Las radio bases y el tráfico de los enlaces de radio (voz y datos) son controlados por el ACG a través de la LAN.

Sistema de Distribución de RF. El sistema de Distribución de Radio Frecuencia (RFDS) es el combinador de frecuencia que permite a varias RBs compartir un sistema de antenas común. El EBTS puede ser configurado con combinadores híbridos. Esto crea menores cambios en la operación y mantenimiento y además no afecta la funcionalidad del enlace de radio.

Referencia del Tiempo del Sitio. Cada sitio requiere información precisa de tiempo y ubicación para la sincronización de datos a través de la red. Para obtener y mantener esta información cada EBTS usa satélites GPS para obtener un preciso pulso de referencia de tiempo.

Interfaz LAN. Cada componente EBTS es monitoreado y comunicado con los demás directamente o sobre una red LAN. La interfaz LAN es la trayectoria para el flujo de tráfico. La LAN también soporta las funciones de monitoreo. La LAN es un alambre delgado, Ethernet coaxial (10base2) que corre bajo el protocolo (CSMA/CD). Este permite a los BRs y al iSC acceder mutuamente como lo requiera el tiempo y el tráfico.

El EBTS puede ser configurado para soportar múltiples frecuencias de RF en una configuración omnidireccional o sectorizada. Las principales funciones del EBTS son:

- Mantenimiento del Enlace de radio
- Dar formato, codificación, tiempo, y control de error al enlace de radio
- Supervisión del tiempo de control para las unidades suscriptoras
- Medición de la calidad del enlace de radio— Estimación de la Calidad de la Señal (SQE)
- Reconocimiento y separación del tráfico (Interconexión, Despacho, Circuito de Datos o Paquetes de Datos)
- Sincronización de frame sitio a sitio
- Conversión de Interfaz – Enlace de radio a DS0
- Funciones de conmutación entre las bases transceptoras
- Operación, mantenimiento, y administración del equipo de enlace de Radio

El EBTS también auxilia a la red con las funciones de control del sitio de niveles más bajos. Esto ayuda a aislar las funciones de la red central y el enlace de radio RF. Debido a que el EBTS lleva a cabo más funciones de control, el número de mensajes de red es minimizado. Esto resulta en un tiempo de estructuración de llamada más corto y decremento el encabezado del control de enlace.

Enlace de Radio. El enlace de radio básico inalámbrico es una señal digital de banda base de 64 kbs subdivida en 6 ranuras de tiempo. Cada ranura de tiempo es un enlace de radio. La EM analiza

constantemente la calidad del enlace de radio. Cuando la EM determina que existe una mejor señal procede a realizar el cambio.

Sincronización. El tiempo es una característica crítica para asegurar la transferencia adecuada de las llamadas de voz y datos entre los sitios. Para asegurar un procesamiento adecuado, cada sitio debe tener una información de tiempo muy exacta para proporcionar y ajustar el tiempo de propagación de la señal a través de la red.

Conversión de Interfaz. El enlace de radio es una señal digital de voz o datos. Esta debe ser convertida a flujo de datos más tradicional para ser transportado en la red. El EBTS convierte la voz o datos del enlace de radio entre las ranuras de tiempo y los paquetes de datos que puedan ser aplicados a enlaces T1/E1 entre el EBTS y el resto de la red. La interfaz de red EBTS consiste de 64 kbps ranuras de tiempo DS0 que pueden ser T1 (24 DS0s) o E1 (32 DS0s).

Funciones de Commutación. Para llamadas en el rango de un único EBTS, el EBTS maneja y controla el handover en conjunción con las EMs. El EBTS maneja los handovers intra-sitio (sector-a-sector) entre los sectores del mismo sitio. Para handovers de múltiples sitios, el handover es pasea o al BSC-MSC o al DAP-MPS

4.3.6.3. Conmutador de Conexión Cruzada de Acceso Digital

El conmutador de Conexión Cruzada de Acceso Digital (DACS) es el punto de conexión de las líneas troncales T1/E1 entre el equipo del sistema iDEN y las facilidades de transporte externas. El DACS no es parte del equipo de la red iDEN pero es requerido para las conexiones remotas

El DACS es un multiplexor de canales que distribuye los DS0s, de los T1s, a los EBTSs y a los elementos fijos de red que están conectados con el equipo externo. Estos pueden incluir fibras ópticas o enlaces de microondas de T1, DS3s y DS4s.

Las facilidades de transporte externas son comúnmente conectadas al sistema iDEN a través del DACS. Hardware nuevo puede ser instalado y configurado antes de ser activado. El DACS puede actuar como un conmutador para la señalización de ruteo para establecer o cambiar hardware o para quitar hardware viejo.

4.3.6.4. Conmutador de Paquetes Metro

El conmutador de Paquetes Metro (MPS) es un subsistema que lleva a cabo las conexiones Frame Relay del EBTS al Procesador de Aplicación de Despacho y a los Duplicadores de Paquetes. El MPS es un Conmutador de paquetes de datos digital Frame Relay. El MPS manipula la trayectoria de los paquetes de voz de despacho utilizados durante una llamada de Despacho. Para llamadas de grupo de despacho y transmisión general de datos, el MPS rutea los paquetes hacia y del Duplicador de Paquetes (PDs) y del Duplicador de Paquetes(APDs) al destino apropiado. El MPS también rutea la información de control y señalización entre el DAP, MDG y los sitios EBTS.

La definición del origen y destino de los paquetes de datos y de voz para el ruteo y movimiento, está bajo el control del Procesador de Aplicación de Despacho.

4.3.6.5. Procesador de Aplicación de Despacho

El procesador de aplicación de despacho (DAP) está usualmente instalado en un rack estándar. DAPs están desplegados en grupos (clusters) de hasta 6 DAPs. Los DAPs varían de capacidad. El DAP existe en varias configuraciones:

- IMP-DAP — que soporta 300 sitios EBTS y 45,000 usuarios
- N-DAP — que puede ser un cluster de 6-DAP con hasta 1000 sitios EBTS y 90,000 usuarios
- T-DAP — que soporta 1000 sitios EBTS y 180,000 usuarios

El DAP consiste de:

- Controladores Estándar de Sistema
- Controladores de Entrada y Salida
- unidad de Procesamiento Central
- Controlador de Router
- Dispositivos de Almacenamiento

El DAP es la entidad de procesamiento responsable de todos los servicios de paquetes de datos y despacho de control y coordinación. El DAP ha sido optimizado para soportar tiempo de respuesta rápido para servicios, los cuales incluyen: llamadas de grupo, llamadas privadas, llamadas de alerta, llamadas de emergencia e interconexión de redes de paquetes de datos. Para incrementar la capacidad, el DAP puede ser expandido a la forma de un cluster de seis DAPs. El DAP proporciona:

- Control para todas las funciones de Despacho y Paquetes de Datos
- Registro por primera vez para todos los suscriptores de Interconexión y Despacho
- Mantenimiento de movilidad de las EMs
- Estadísticas de alarma y desempeño para el OMC

4.3.6.6. Duplicador de Paquetes

Cada duplicador de paquetes avanzado contiene:

- Tarjetas MTX
- Interfaz serial de alta velocidad

Tarjetas MTX. El procesamiento y el control lógico para la operación del APD esta en la tarjeta MTX. El OMC-R intercambia la información de estado y de control con la MTX. La tarjeta MTX también contiene 4 ranuras que utilizan una Interfaz de Componentes Periféricos de 32-bits (PCI) para la conexión de 4 tarjetas de interfaz serial

Interfaz Serial de alta Velocidad. La Interfaz Serial de Alta Velocidad (HSSI) contiene puertos que abiertos y cerrados bajo el control de la tarjeta MTX. Cuando un puerto es abierto el paquete entrante es duplicado a los puertos de salida para los sitios EBTS.

El duplicador de datos proporciona la funcionalidad para permitir transmisión de llamadas de transmisión general, de grupo y operación multicast con las llamadas de despacho. El duplicador de paquetes es usado para replicar paquetes de voz y datos de salida para los múltiples EMs en las llamadas de Despacho y en la

interconexión de redes de paquetes de datos. Si una llamada de despacho es para un grupo, los paquetes de voz del que los envía deben ser duplicados para la salida a cada uno de las unidades receptoras. El duplicador de paquetes está bajo la operación del OMC-R.

4.3.6.7. Gateway de Datos Móviles

El Gateway de Datos Móviles (MDG) es la interfaz para Internet y el "World Wide Web" para el sistema iDEN durante la operación de paquetes de datos. Este dispositivo está montado en un rack y tiene conexiones directas a Internet. El número de puertos disponibles variará de acuerdo a la planeación de crecimiento y provisión de un sistema iDEN individual. El MDG separa el sistema iDEN de los otros dispositivos en Internet. El MDG es programado y manejado como una unidad discreta. El Centro de Operación y Mantenimiento no tiene control directo sobre este dispositivo. El MDG tiene tres funciones principales durante la operación de Paquetes de Datos:

- Gateway
- Agente Local
- Agente Extranjero

Gateway. El MDG es un punto de presencia lógica para el sistema iDEN en Internet. Este dispositivo direccionable universalmente proporciona seguridad en las funciones de interconexión, ruteo, conmutación y de enmascaramiento de red. Esas funciones son únicas individualmente y están ajustadas a las aplicaciones específicas

Agente Local. El MDG almacena las direcciones de Protocolo de Internet (IP) provisionales de las EMs en una base de datos. Este direccionamiento IP es usado para identificar, dar permisos y rutear los paquetes de datos de Internet a las EMs durante un funcionamiento de Paquetes de Datos. El agente local identifica un MDG como el punto de presencia en la Internet que acepta direcciones de paquetes de datos para los IPs en la base de datos del Agente Local. Un agente local de MDG puede comunicarse con MDGs remotos y transferir temporalmente la dirección lógica al MDG remoto (agente extranjero) cuando el EM tiene servicio de roaming en otro sistema. El agente local transferirá una dirección IP roaming de una EMs al MDG remoto así el MDG remoto aceptará paquetes de los EM. El agente local entonces volverá a rutear la información de paquetes de datos al MDG remoto como sea requerido.

Agente Extranjero. Durante el proceso de roaming, una EM registrará y tratará de autenticar en un sistema remoto. Para la operación de paquetes de datos, el sistema remoto contactará a la EMs y al MDG local (Agente Local) para obtener información de autenticación, identificación, servicios y permisos. Si está autorizado, el MDG recibirá las direcciones IP de las EMs visitantes y asigna los recursos para el servicio de la EM.

4.3.6.8. Controlador del Sitio Base

Un Controlador del Sitio Base (BSC) puede ser unido a uno o más sitios EBTS. El BSC administra el Procesamiento de Llamadas de Interconexión entre los sitios EBTS y otros dispositivos de red. El BSC está dividido por funciones en dos tipos racks individuales. Y estos son:

- Controlador del Sitio Base – Procesador de Control (BSC-CP). El Controlador del Sitio Base – Procesador de Control (BSC-CP) contiene los circuitos lógicos y de memoria para administrar y monitorear las llamadas de Interconexión. El BSC-CP administra las trayectorias de voz y señalización de

las llamadas generales del BSC-XCDR. Un lado del BSC-CP se conecta al Centro de Conmutación Móvil con señalización SS7 y al Centro de Operación y Mantenimiento con protocolo X.25. El otro lado se conecta al EBTS a través del DACS. El BSC-CP consiste de:

- a) Interfaces MegaStream — para las trayectorias externas de la conexión física (líneas T1)
- b) Conmutador de Conexión Cruzada— para las trayectorias de control dinámicamente conectadas
- c) Procesadores Genéricos— Para todas las operaciones de control y monitoreo del BSC

• Controlador del Sitio Base - Transcodificador (BSC-XCDR). Este convierte los paquetes de voz usados en el enlace de radio para la Modulación de Codificación de Pulsos (PCM) usado por la PSTN. El BSC-XCDR consiste de:

- a) Interfaces MegaStream — para las trayectorias externas físicamente conectadas (líneas T1)
- b) Conmutador de Conexión Cruzada— para las trayectorias de tráfico físicamente conectadas
- c) Procesadores Genéricos — para rutear el tráfico interno de paquetes al XCDR
- d) Transcodificadores— para la conversión los paquetes del enlace de radio y PCM

El BSC proporciona funciones de control y concentración para uno o más sitios EBTS y sus estaciones móviles asociados. Las funciones son segregadas en circuitos separados para mejorar la adaptabilidad del sistema a los requerimientos de la red local. Las funciones incluyen:

- Concentración de Enlaces de múltiples sitios EBTS
- Conversión del enlace de radio a un formato de red
- Preparación, colección de datos y ejecución de Handover de los sitios bajo su control
- Operación, mantenimiento y administración de agentes para la red OMC X.25
- Control de Procesamiento de Llamadas de interconexión de audio

Conversión del Enlace de Radio. La conversión del enlace de radio es manejada por el Transcodificador (XCDR) o el Transcodificador Mejorado (EXCDR). Esas tarjetas convierten las señales comprimidas entre el "Vector Sum Excited Linear Predicting" (VSELP) del enlace de radio a PCM de 64 kbps usado en la red PSTN.

Los paquetes de voz PCM para una llamada entrante al XCDR en una línea (DS0). El XCDR convierte los paquetes a paquetes de enlace de radio y los aplica al esquema de las ranuras de tiempo usado por los EBTS. Debido a la diferencia en la cantidad de datos entre PCM (64 kbs) y una ranura de tiempo del enlace de radio (VSELP en una ranura de tiempo de 16 kbs). Las ranuras de tiempo pueden ser compartidas. Cuatro paquetes de un enlace de radio pueden ser aplicados a una sola ranura de tiempo con encabezados de ruteamiento y de señalización. Esto permite una concentración de 4 conversaciones DS0 en una línea T1.

Implementación de un BSC. El BSC puede ser implementado de varias maneras dependiendo de la configuración de la red, la mezcla de sistemas con nuevos dispositivos, y la ubicación del hardware que convierte el enlace de radio a un enlace de red. Las configuraciones son:

- BSC estándar. Esta implementación usa un conjunto de hardware para proporcionar todas las funciones de interfaz, conversión y control. En este BSC, todo el tráfico y señalización pasa a través del BSC-CP y del BSC-XCDR. La ventaja de este método es su bajo costo.
- BSC remoto. Este método distribuye el hardware de control, conversión e interfaz. El BSC-CP puede estar remotamente ubicado y varias EBTSs pueden manejar esos sitios. La desventaja de esta implementación es el mantenimiento remoto, el transporte y el potencial de circuitos bajo utilización.
- BSC local. Esta implementación está ubicada donde se localiza el MSO. La ubicación Local contra la las funciones de conversión del enlace de radio al MSO

4.3.6.9. Centro de Conmutación Móvil

El centro de conmutación móvil (MSC) es un GSM basado en un Conmutador Telefónico Móvil, el cual proporciona servicios de Interconexión. El MSC proporciona la interfaz entre la red móvil y otro proveedor de servicios de red PSTN.

La implementación de este equipo es un esfuerzo coordinado entre proveedores, Motorola y Nortel. Este equipo puede ser configurado y actualizado de acuerdo a los requerimientos de capacidad y crecimiento. El MSC está disponible en tres tamaños:

- Supermodo DMS-MSC
- Supermodo de Tamaño mejorado (SNSE)
- Micronodo

En general, todas las versiones del MSC consisten de:

- Interfaz de Facilidades
- Matriz de conmutación
- Procesador Central
- Interfaz de Señalización
- Registro de Ubicación Local
- Registro de Ubicación de Visitante

El MSC es un conmutador telefónico para tráfico originado o terminado en un móvil. Cada MSC proporciona servicios dentro de un área de cobertura geográfica, y una sola red iDEN puede contener más de un MSC. Las principales funciones del MSC son:

- Interfaz y Control a la red PSTN
- Procesamiento de Llamadas para llamadas de Interconexión
- Cancelación de Eco para llamadas de Voz (con equipo asociado)
- Provisión de Servicios Suplementarios
- Autenticación de Unidades Suscriptoras
- Roaming Intra-Sistema y/o Handover entre BSCs
- Roaming Inter-Sistema y/o Handover entre MSCs
- Colección de Registros de Facturas
- Control de Funciones de conexión de redes de datos
- Interfaz al Sistema de Correo Electrónico de Voz

El MSC controla la estructuración de las llamadas de Interconexión y los procedimientos de ruteo. Del lado de la red, el MSC ejecuta las funciones de señalización de llamadas. Otras funciones de control de llamada incluyen:

- Ruteo de Números
- Matriz del control de trayectorias
- Distribución de las líneas troncales salientes.
- Colección de los datos de facturación de llamadas
- Formato de registro de llamadas
- Transferencia de los registros de llamadas al centro de facturación o a la cinta de grabación
- Colección de las estadísticas de tráfico

El MSC también ayuda a los procedimientos de handover. El procedimiento de handover preserva las conexiones de los móviles cuando ellos se mueven de un área de cobertura a otra durante el establecimiento de una llamada de interconexión. Los Handovers dentro de una célula son controlados por una única BSC. Cuando los handovers son entre células controladas por diferentes BSCs, el procedimiento de handover es coordinado en el MSC.

Registro de Ubicación. Durante una llamada de Interconexión, las EMs son validadas por la base de datos del Registro de Ubicación Local (HLR). Esta base de datos puede existir como, parte del MSC, como un sistema de computación separado, o un servicio proveído.

El HLR:

- Contiene la base de datos maestra de todos los suscriptores
- Soporta múltiples MSCs
- Contiene los servicios suplementarios básicos y activos de cada suscriptor
- Contiene la ubicación del VLR actual de cada suscriptor
- Contiene información usada por los servicios suplementarios
- Contiene el Centro de Autenticación con sus respectivas llaves de la EMs

4.3.6.10. Centro de Operación y Mantenimiento

El centro de operación y mantenimiento (OMC) es el elemento de red que establece, mantiene, recolecta información de la red, y los presenta al operador del sistema. Este dato es usado principalmente para proporcionar la operación diaria de los elementos del sistema y para proveer al operador del sistema con información válida para futuras decisiones de planeación. Como la complejidad y requerimientos de control del sistema iDEN y su relación a otros sistemas incrementa, la necesidad de equipo de control y monitoreo también incrementa. El OMC existe en al menos una forma en cada sistema.

- OMC - Radio (OMC-R) — *requerido* para la administración del sistema de radio
- OMC - Sistema (OMC-S) — para posible administración del Sistema de Conmutación
- OMC - Red (OMC-N) — un posible Centro de operación de Red (NOC)

Las Funciones del OMC proporcionadas incluyen:

- Gestión de Alarmas.
- Gestión de Fallas.
- Gestión de Desempeño.
- Gestión de Configuración.
- Gestión de Seguridad.
- Estadísticas de Funcionamiento.

4.3.6.11. Centro Administrativo de Datos

Dentro del sistema iDEN este centro permite llevar estadísticas de los servicios administrativos interno para el soporte de decisiones futuras. Procedimientos y mecanismos de intercambio de datos e información del control operacional y administrativo es la responsabilidad del proveedor de servicios.

4.3.7. PROTOCOLOS DE INTERFAZ

El sistema iDEN soporta y usa varios estándares de protocolos e interfaces. Tales como:

- Protocolo de Enlace de Radio
- Interfaz A-bis Motorola
- Sistema de Señalización Siete
- X.25
- Ethernet
- Protocolo de Gestión de Red Simple
- VSLEP
- Frame Relay
- PCM

Protocolo de Enlace de Radio. El Protocolo de Enlace de Radio (RLP) es el método de transferir datos comprimidos entre una EM y el MSC-IWF durante un funcionamiento de conmutación de circuitos de datos.

Interfaz A-bis. La implementación de Motorola de GSM A-bis (Mobis) es una versión modificada de la interfaz A-bis GSM A-bis (GSM 8.08). Mobis permite incrementar las capacidades de manejo de error y tiempo para proporcionar una mayor funcionalidad en el enlace de radio y para mejorar la calidad del enlace. Esas modificaciones incluyen cambios en el formato del mensaje y en la inclusión de nuevos parámetros para el proceso de handover. Las modificaciones adaptan el estándar A-bis al enlace de RF y ayudan a asegurar y a asignar los paquetes del radio enlace.

Sistema de Señalización Siete. El sistema de señalización siete (SS7) es la interfaz de control y ruteo entre las otras redes proveedoras y el MSC y de los MSC al BSC-CP. SS7 es usado por el MSC en las funciones de Servicios de Mensajes Cortos y correo electrónico de voz. Las llamadas de interconexión usan SS7 en el BSC. SS7 es el Enlace de Transferencia de Mensajes (MTL) y está implementado de acuerdo con ANSI SS7-ISUP.

X.25. El protocolo X.25 es usado primariamente en las funciones de operación y mantenimiento de la red. El enlace X.25 es usado por el Enlace de Operación y Mantenimiento (OML) y funciona entre los dispositivos de red enlazados al OMC.

Ethernet. El principal uso de Ethernet en el sistema iDEN está entre los componentes en el EBTS. El EBTS usa Ethernet para control y tráfico por utilizar el protocolo (CSMA/CD -Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect). Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet (TCP/IP) es soportado en el ambiente Ethernet de acuerdo con IEEE 802.X. TCP/IP puede ser usado para la comunicación del Administrador y otros equipos de provisión de servicios.

Protocolo de Administración de Red Simple. El protocolo de gestión de red simple (SNMP) es usado en los enlaces dedicados entre el EBTS y el BSC. SNMP es usado dentro de X.25 OML para administrar el ruteamiento de las alarmas, mensajes, control y datos a los EBTSs.

Vector Suma Excitado Lineal Predictivo. El protocolo de Vector Suma Excitado Lineal Predictivo (VSELP) es un método de compresión de voz, usado en la estación móvil y en el XCDR. La EM comprime voz para todos los transmisores y la descomprime en voz para todos los receptores. El cluster MPS-DAP controla el movimiento de los paquetes VSELP entre los EBTSs durante las llamadas de despacho. El BSC-XCDR convierte las señales VSELP a señales PCM para llamadas de interconexión.

Frame Relay: iDEN soporta el protocolo Frame Relay durante las comunicaciones de Despacho. Dependiendo de como estén configurados los EBTS para Interconexión y Despacho, el número de DS0s disponibles variarán.

PCM: PCM es el estándar industrial telefónico para el formato y codificación de paquetes de datos transmitidos a través de la red de voz. PCM es usado por iDEN para interconectar llamadas. El MSC y el BSC XCDR usan PCM para transmisión de voz y datos. El XCDR hace la conversión entre PCM y VSELP.

4.3.8. BANDAS DE FRECUENCIA

El sistema iDEN soporta comunicaciones de Frecuencias de Radio (RF) en designaciones de espectro Internacionales y domésticas de Estados Unidos. Estas bandas son reguladas por las agencias Federales e Internacionales. No todos los rangos de frecuencias para comunicaciones de RF son soportados. Dentro de cada rango de frecuencia soportado, el sistema iDEN usa un par de portadoras de frecuencia de 25 MHz. Una portadora es usada para transmitir, y la otra para recibir. Estos están resumidos en la tabla 4.1. Algunas Bandas no pueden ser combinadas.

Hay limitaciones específicas para la implementación de rangos múltiples. Estas son:

- Todos los radios (BRs) en un sitio (EBTS) deben tener el mismo rango de frecuencia
- Todos los miembros de una lista deben tener el mismo rango de frecuencia

Rango (MHz)	Espaciamiento de Canales	Par de Portadoras (MHz)	Enlace	Espaciamiento	OFFSET
806-821	25 kHz	806-821	Uplink (from MS)	45 MHz	12 KHz
		851-866	Downlink (to MS)		
821-825	25 kHz	821-825	Uplink (from MS)	45 MHz	12 KHz
		866-870	Downlink (to MS)		
896-901	25 kHz	896-901	Uplink (from MS)	39 MHz	12 KHz
		935-940	Downlink (to MS)		
1453-1465	25 kHz	1453-1465	Uplink (from MS)	48 MHz	12 KHz
		1501-1513	Downlink (to MS)		

Tabla 4.1. Bandas de Frecuencia de Radio iDEN

Capítulo V. TETRA (Radio Troncalizado Europeo).

5.1. INTRODUCCIÓN

Los primeros sistemas PMR eran analógicos y propietarios. Sin embargo, con una compartición de costos de infraestructura y una necesidad de compartir el espectro llevó al desarrollo de sistemas de radio troncalizados, y con este desarrollo vino la necesidad de desarrollar normas para que los equipos pudieran ser producidos por proveedores diferentes y éstos pudieran ser compatibles. Uno de los primeros sistemas y que todavía está disponible de varios proveedores diferentes es LTR (Radio Troncalizado Lógico), desarrollado por EF Johnson. Varios de estos sistemas están en funcionamiento mundial.

Otra norma PMR analógica con mayor auge es MPT 1327 (Ministry of Post and Telecommunications), la cual fue desarrollado en el REINO UNIDO a finales de 1980, pero se ha adoptado por los fabricantes a nivel mundial. Es una norma PMR ampliamente usada, común por todas partes excepto en los Estados Unidos de América donde los sistemas propietarios de Motorola, y en menor grado Ericsson, dominan el mercado. Aunque MPT 1327 es más complejo y más caro que algunos sistemas analógicos más simples, es relativamente eficaz por lo que se refiere al uso del espectro (los sistemas digitales todavía son mejores por un factor de dos), y algunos ofrecen datos. Capacidades tan buenas como las características de llamadas de voz en los sistemas PMR normales, llamadas de grupo, estructuración de llamada rápida, y acceso con prioridades.

Las redes de PMR son caras, y no se toman decisiones para reemplazarlas o actualizarlas ligeramente. Los sistemas analógicos existentes están probablemente para permanecer hasta que la capacidad, mantenimiento o características requeridas sean reemplazadas. En el 2000, los fabricantes de LTR y el equipo de MPT 1327 aún estaban promoviendo sus sistemas analógicos, en particular para el uso en países o áreas sin límites de capacidad de espectro.

Los sistemas digitales ofrecen un mayor número de ventajas que los sistemas analógicos. La mayor ventaja es la habilidad de recuperar la señal completamente tanto como el nivel del ruido esté debajo de un umbral particular. Esto comparado con el caso analógico, donde el ruido siempre es acumulativo y degrada la calidad de la señal. Hay una desventaja en eso, cuando el nivel del ruido se acerca al umbral de un sistema digital, la actuación del sistema cae muy rápidamente, considerando que en un sistema analógico la calidad baja firmemente, pero no se cae el sistema, dando una advertencia clara de los límites del sistema. Las ventajas adicionales relacionan el envío de datos, los cuales pueden enviarse directamente en un sistema digital sin el requisito de un módem, y para el funcionamiento trunking, una señal digital puede ser manipulada más fácilmente que una analógica.

Mientras la modulación digital es más compleja que los sistemas analógicos, la transformación de una señal de voz en forma digital permite el uso de técnicas de compresión muy eficaces para que el espectro requerido para una señal de voz sea más bajo con la modulación digital y un codificador bueno de voz con un esquema de modulación analógica. Los sistemas digitales son más complejos, y por consiguiente más caros, sin embargo, la flexibilidad aumentada, la disponibilidad de servicios, y eficacia justifican el costo. Se definen los sistemas digitales como aquellos donde el esquema de la modulación es digital. Algunos proveedores anuncian los sistemas analógicos como LTR y MPT 1327 digitales, los cuales tienen señalización digital y servicios de datos, pero los sistemas básicos son de hecho analógicos. La calidad de

servicio, significa que el mercado PMR ahora se está moviendo hacia los sistemas digitales de la misma manera como el mercado celular hace varios años.

5.2. PROCESO DE NORMALIZACIÓN.

Un mercado simple en cualquier país debe ser caracterizado por la libre circulación de la gente, así como buenos servicios y un buen capital. Cada país tiene una reglamentación tradicional específica y se confronta hoy con diferentes problemas. El uso de radiofrecuencias para servicios públicos es sólo uno de los muchos ejemplos. La Comisión Europea a presentado un plan de acción de cuatro puntos para las telecomunicaciones en Europa.

- 1.- La creación de un ambiente competitivo y favorable para el desarrollo de servicios y equipo.
- 2.- Protección del papel de la administración de las telecomunicaciones, para con ello garantizar la continuidad de la infraestructura de una red básica.
- 3.- Desreglamentación de licitaciones para servicios.
- 4.- Promover la política de migración de empleados de las actividades tradicionales de las telecomunicaciones y del sector de tecnología de las telecomunicaciones.

La estandarización es la estabilización de factores de una economía del mercado. La creación de normas facilita la competición entre fabricantes de productos y entre operadores para servicios, garantizando al usuario que el producto o servicio comprado se ajuste a sus requisitos, tiene una calidad medida por una organización independiente y podrá operar con los sistemas existentes. El establecimiento de normas, o estandarización, es a menudo una fase muy larga pero indispensable de cada nuevo proyecto tecnológico. Se deben tomar cuenta los límites de todos los sectores.

Los sistemas trunking digitales están estandarizándose bajo el nombre TETRA, Trans European Trunked Radio, por el grupo RES de ETSI con varios objetivos.

Para la Comisión de la Comunidad Europea, es promover un sector europeo el cual está menos desarrollado que en los Estados Unidos y para mejorar la eficiencia espectral por la eliminación de la asignación de una frecuencia a un único usuario, dando la preferencia a los sistemas troncalizados.

Para los grupos de usuarios, el beneficio de la estandarización está asociado con las economías de escala esperadas en el precio del equipo y en una independencia mayor con respecto a los fabricantes escogidos, al decidir en la compra de sistemas y terminales.

Para los fabricantes, la estandarización ofrece una oportunidad para consolidar una ventaja competitiva a nivel europeo por la adopción de una tecnología específica como una base para una norma futura y el peligro del cuestionamiento de desarrollos específicos en lo cual la ausencia de estandarización aceleraría la obsolescencia de sistemas.

Para el caso de TETRA el proceso de estandarización fue el siguiente:

En 1990 el ETSI comenzó a desarrollar un nuevo estándar europeo de trunking digital.

Su objetivo principal es satisfacer las necesidades de un gran número de usuarios profesionales, extendiéndose desde los servicios de emergencia hasta las organizaciones industriales y comerciales, utilizando redes compartidas.

Se firma el Memorando de Entendimiento (Memorandum of Understanding -MoU) en Diciembre de 1994, actualmente MoU incluye 55 miembros con 24 fabricantes in 19 países.

Los elementos esenciales de la norma TETRA fueron aceptados completamente en Diciembre de 1995.

TETRA fue desarrollado desde el inicio como una norma PMR armonizada, abierta y digital, dentro del ETSI. Dentro del mercado PMR hay varios sistemas digitales de 2a generación en funcionamiento, y con los sistemas celulares de 3a generación, es importante que TETRA tenga una salida buena si quiere establecer una posición dominante en el mercado.

TETRA es un sistema rico en características, proporcionando todos los modos de servicios de seguridad especializados, que operan en celulares. También tiene una selección amplia de servicios de datos. La técnica de acceso troncalizado TDMA permite un uso más eficaz del espectro, pero significa que un operador debe ser asignado a un mínimo de por lo menos cuatro canales de voz. Sin embargo, el sistema tiene varios modos de operación, que permiten un área de cobertura mayor con una sola portadora de radio sin acudir a los esquemas de reuso de frecuencias, que todavía aumentarían aún más las demandas de portadoras de radio. La mayor preocupación es que la complejidad del sistema, hará que la infraestructura y los terminales sean relativamente caros, lo que debe compensarse por las economías de escala si el sistema llega a ser popular.

El modelo de Interconexión de los Sistemas Abiertos (OSI) fue diseñado para facilitar las comunicaciones globales entre las computadoras principalmente, independiente de las características particulares de las redes, de que ellas son parte. El modelo que se ilustra en Figura 5.1 no especifica cómo se llevan a cabo los sistemas, sino cómo se comunican. Esto significa que varias redes diferentes, usando productos de fabricantes distintos, pueden acoplarse utilizando el modelo OSI en todo el camino de comunicaciones. Esto es particularmente importante en el sistema de TETRA.



Figura 5.1. Estructura Funcional del Modelo OSI

La definición del sistema TETRA se confina esencialmente a las capas 1 a 3 del modelo OSI y los parámetros principales se muestran en la tabla 5.1

Parámetro	Valor
Espaciamiento entre portadoras	25 kHz
Modulación	$\pi/4$ - DQPSK
Tasa de datos de la portadora	36 kbps
Tasa de codificación de voz	ACELP (4.56 kbps net, 7.2 kbps gross)
Método de Acceso	TDMA con 4 ranuras de tiempo por portadora
Tasa de datos de usuario	7.2 kbps por ranura de tiempo
Tasa máxima de datos	28.8 kbps
Tasa de datos encriptados	Superior a los 19.2kbps

Tabla 5.1 Parámetros principales de TETRA

5.3. ARQUITECTURA DE UNA RED TETRA

La arquitectura de una red TETRA se ilustra en Figura 5.2 y, está definida sólo en términos de sus interfaces específicas. Las interfaces definidas son que aquellas exigidas para asegurar una buena interoperabilidad, interconexión y administración de la red.

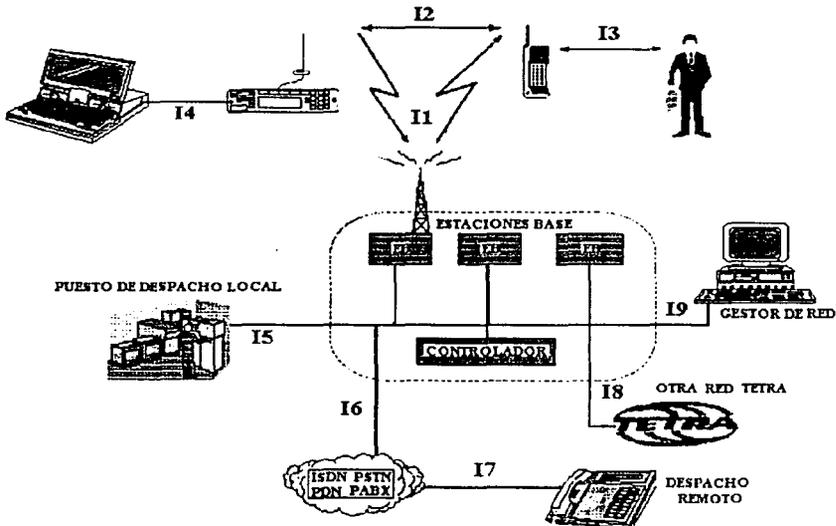


Figura 5.2 Configuración Funcional de la red TETRA

El sistema TETRA se ha diseñado para permitir la migración de los sistemas PMR analógicos, y por consiguiente los parámetros de radio han sido adoptados por esta perspectiva y son algo diferentes a los parámetros de radio adoptados para los sistemas públicos como GSM. El funcionamiento del sistema TETRA requiere la existencia de frecuencias en el rango de VHF y UHF de PMR. El espacio entre las portadoras de TETRA es 25 kHz, lo que permite el reemplazo directo de dos canales FM analógicos de 12.5 kHz o un solo canal FM analógico de 25 kHz. Los parámetros de la interfaz de aire adoptados para TETRA que se muestran en tabla 5.1, son indicativos de que la tecnología específica adoptada para el sistema de TETRA se ha manejado por las necesidades de los grupos de usuarios de sistemas PMR.

En particular TETRA proporciona características no provistas por el público actual de los sistemas celulares digitales, como la estructuración de llamada rápida, amplio rango de servicios, arquitectura escalable que permita una gama amplia de configuraciones del sistema y un alto nivel del control del usuario en la dirección operativa. Cada portadora en el sistema TETRA acomoda cuatro ranuras de tiempo que representan los canales físicos disponibles. Estos canales físicos son compartidos entre varios canales lógicos, los cuales llevan la señalización y el tráfico de información.

Las interfaces definidas son:

- 11 = Interfaz Radio Aire
- 12 = Interfaz de Aire Modo Directo
- 13 = Interfaz Hombre Máquina
- 14 = Interfaz Datos Periféricos Radio
- 15 = Interfaz de Despacho Local
- 16 = Interfaz de Acceso a Red Externa
- 17 = Interfaz de Línea a Despacho Remoto
- 18 = Interfaz Intersistemas
- 19 = Interfaz de Gestión de Red

Las subentidades funcionales dentro de un sistema individual de TETRA, por ejemplo la estación base del transreceptor (BTS), el centro de conmutación principal (MSC) etc., no son definidas por el estándar TETRA y son esencialmente propias por naturaleza. Las interfaces y los ejemplos de subentidades de TETRA se describen con más detalle a continuación.

La arquitectura de una red TETRA consiste en un número de entidades de sistema e interfaces definidas. Sin embargo, a diferencia de la arquitectura de una red GSM, la especificación para TETRA está concernida sólo con la periferia de un sistema TETRA, referida a las normas de TETRA como Infraestructura de Administración y Conmutación (SwMI). Es decir, las interfaces internas de una red TETRA no están estandarizadas. Esto fue para permitir a los fabricantes implementar soluciones de red efectivas sin limitaciones de estandarización.

La Figura 5.3 muestra una posible configuración para un sistema TETRA SwMI. Esta configuración está propuesta para mostrar todas las posibles interfaces normales y entidades del sistema. En una implementación particular, sólo un subconjunto de estas interfaces y entidades pueden estar presentes. La definición de SwMI podría ser articulada por la identificación de las siguientes características: Comprende de hasta seis componentes mayores del sistema. Sus componentes de sistema están interconectados con interfaces definidas, las cuales son requeridas para asegurar interoperabilidad, intergestión de redes, y administración de la red entre los diferentes componentes del sistema y redes.

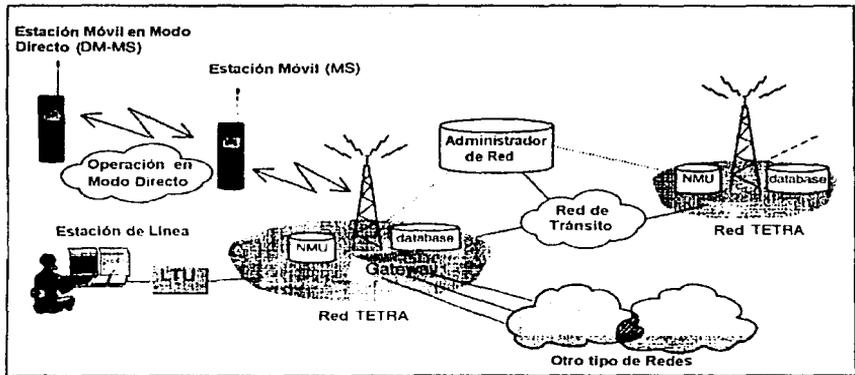


Figura 5.4 Configuración Funcional de una red TETRA SwMI

Proporciona un dominio de red común para las entidades contenidas en él. Es decir, todos los componentes dentro de SwMI están en el mismo espacio de dirección. De hecho, un dominio de red TETRA puede ser considerado como sinónimo con SwMI.

Seis componentes de sistemas principales pueden ser definidos con la configuración SwMI de red mostrada en Figura 5.4.

- Red TETRA Individual
- La estación Móvil (MS)
- La estación de Línea (LS)
- La Estación Móvil en Modo Directo (DM-MS)
- El Gateway
- La unidad de administración de red

Todos los componentes anteriores y las interfaces entre ellos son el objeto de la estandarización de TETRA con una excepción de la arquitectura interna de una red TETRA individual. Cada uno de los componentes anteriores es, brevemente descrito a continuación.

5.3.1. Red TETRA Individual

Esto es un sistema de red TETRA individual que comprende de centro de conmutación local, un centro de conmutación móvil (MSC), estación transreceptora base (BTS), gateways, conmutadores, centro de operación y funcionamiento (OMC) y las facilidades de control y administración asociadas. Los componentes mencionados contenidos dentro de un sistema TETRA individual no son cubiertos por la norma de TETRA, salvo los gateways que interconectan una red TETRA con el mundo externo.

Es importante notar que una red TETRA es un componente de un sistema TETRA SwMI, para que el contexto no provoque confusión con una red TETRA individual, la infraestructura, o incluso la red, que será usada.

5.3.2. Estación Móvil

La estación móvil (MS) funcionalmente comprende la unidad de terminal móvil (MTU) y el equipo terminal asociado (TE). Los móviles de TETRA pueden ser categorizados en términos a la portabilidad de equipo, como portátiles de manos (o simplemente portátiles) y móviles montados en vehículos (o simplemente móviles). Ejemplos de ambos tipos de equipos se ilustran en la Figura 5.4. El término estación móvil será usado a lo largo de este estudio para abarcar ambas estaciones móviles portátiles y los portátiles montados en vehículos.

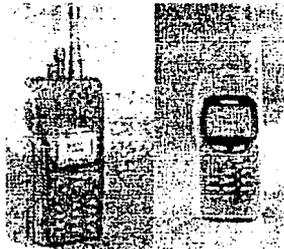


Figura 5.5. Móviles Portátiles de TETRA

Las Estaciones Móviles (MS) de TETRA son clasificadas de acuerdo a sus atributos, como la clase de potencia y su capacidad para un modo de funcionamiento dado. Estos se resumen debajo:

Clases de potencia de MS de transmisión - los terminales móviles se clasifican en una de las cuatro clases de potencia de transmisión. Sin embargo, independiente de la proporción de la potencia de transmisión, ellos deben de poder ajustar su potencia de transmisión de acuerdo a las instrucciones de control de potencia recibidas de la red. Así como el control de potencia puede ser usado eficazmente para reducir la interferencia de canal adyacente y para conservar la vida de la batería. Las clases de potencia de MS de transmisión son las siguientes:

- Clase 1: 30 watts (45 dBm)
- Clase 2: 10 watts (40 dBm)
- Clase 3: 3 watts (35 dBm)
- Clase 4: 1 watt (30 dBm)

Los móviles montados en vehículos montados son clasificados como Clase 1 y Clase 2. Los móviles de mano portátiles son clasificados como Clase 3 o Clase 4.

Clases de Estaciones Móviles Receptoras- Tres clases de MS receptoras son especificadas de acuerdo a su ambiente de operación propuesto como se muestra a continuación.

- Clase A: Optimizado para uso en áreas urbanas y en áreas con terreno montañoso.
- Clase B: Optimizado para el uso en áreas urbanas y con construcciones.
- Clase E: pensado para reunir los requisitos más severos de sistemas cuasi-sincronos.

Estaciones Móviles de capacidad duplex - Todas las estaciones móviles son exigidas para soportar un funcionamiento half-dúplex. Una Estación Móvil (EM) puede soportar opcionalmente un funcionamiento full duplex de frecuencia también. Una EM de frecuencia half duplex puede transmitir en una frecuencia de enlace de subida o puede recibir en una frecuencia de enlace de bajada pero no es capaz de transmitir y recibir al mismo tiempo. Este tipo de EM requiere un tiempo para la conmutación de su frecuencia de transmisión a su frecuencia de recepción, lo cual para TETRA debe ser menos que la duración de una ranura de tiempo. Una EM de frecuencia duplex, por otro lado, tiene la habilidad para transmitir en una frecuencia del enlace de subida y recibir al mismo tiempo en una frecuencia del enlace de bajada. Este tipo de EM puede usar las cuatro ranuras del enlace subida y las cuatro ranuras de tiempo del enlace de bajada en un frame TDMA. Un móvil de full dúplex puede ser usado para soportar llamadas múltiples o coexistentes.

5.3.3 Estación de Línea

Una estación de línea (LS) funcionalmente comprende la unidad de terminación de línea (LTU) y el equipo terminal asociado (TE). Esto es típico en un cuarto de control como una consola terminal o la unidad de despacho, conectada a un TETRA SwMI, o a través de una red ISDN. La diferencia esencial entre una MS (o EM) y LS son los medios de transmisión usados, los cuales son tomados con cuidado por el MTU para la MS y por el LTU para una LS.

5.3.4. Gateway

Un gateway permite a las llamadas ser estructuradas entre los usuarios de una red TETRA y una red diferente, como la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN). La necesidad para una especificación de un gateway aumenta del hecho de que otras redes conectadas a una red TETRA utilizan formatos de información y protocolos de comunicación incompatibles, por lo cual alguna traducción o conversión será necesaria. Existen tres tipos de gateways: gateways para PSTN, ISDN y Red de Datos Pública (PDN). La función más importante de un gateway de TETRA está en el papel de la interconexión de una infraestructura TETRA a una PSTN analógica desde cualquier interfaz, involucrando la codificación de señales entre las analógicas y digitales. Para un gateway de ISDN digital, por otro lado, ninguna conversión de señal digital a analógica sería necesaria, pero los transcodificadores de voz digital serán necesarios. Se observa que la conversión de señal analógica a digital es necesaria para un gateway PSTN, lo siguiente son algunas de las funciones principales realizados por un gateway PSTN o ISDN:

Transcodificación de Voz - TETRA usa un codificador de voz de tasa baja de bits a 4.567 kb/s, en contraste con una tasa alta de codificación de voz usada en las redes públicas (de 32 kb/s ADPCM a 64 kb/s PCM). Los transcodificadores de voz serían por consiguiente necesarios para responder la incompatibilidad del codec.

Traducción de la Señalización de Control - Un gateway permite a la información de señalización ser pasada entre una infraestructura de TETRA y una red externa con la traducción apropiada para que las señales y comandos de control sean interpretados correctamente en cada red. Algunos de los ejemplos incluyen traducción en esquemas numéricos, y la conversión entre las señales de control de una llamada

TETRA digital y la señalización analógica PSTN, el cual es basado principalmente en señales DTMF (Tono Dual de Multifrecuencia).

Cancelación de eco - Un gateway de PSTN que soporte llamadas full duplex puede ser utilizado para incorporar la cancelación de eco en una conexión a una red PSTN. El eco normalmente es causado por una combinación de un retraso excesivo de la transmisión y un circuito de suscriptor de dos alambres (líneas comúnmente usada en una red PSTN).

5.3.5. Unidad de Administración de Red

Esto proporciona funciones de administración de red locales y remotas lo cual está llegando a ser ahora la norma en los sistemas complejos de red como TETRA. Las funciones de administración generalmente abarcan sistemas de monitoreo para cosas como las fallas y desempeño para la configuración del sistema administrado, planeación de red, y contabilidad. Las especificaciones de administración de una red TETRA sólo se preocupan por la definición de interfaz de administración estándar y de los requisitos generales para la interoperabilidad entre sistemas diferentes, con la implementación de funciones de administración se dejan a los operadores de red y fabricantes de equipo.

5.3.6. Interfaces del Sistema

Estas interfaces son especificadas, para asegurar interoperabilidad entre los diferentes componentes de la red sin tener en cuenta el tipo de implementación de red, como es resumido a continuación:

Interfaz de Aire Modo Troncalizado (11). Ésta es la más importante de las interfaces definidas y asegura la interoperabilidad del equipo terminal móvil a través de la interfaz de aire.

Interfaz de Aire de Modo Directo (12). Este estándar de interfaz permite interoperabilidad directa entre terminales móviles que empleen la interfaz aérea TETRA DMO.

Interfaz Hombre Máquina (13). Este estándar de interfaz permite interoperabilidad directa entre terminales móviles con la voz humana, es decir actúa como primer interfaz para el tratamiento de la voz.

Interfaz Datos Periféricos Radio (14). Este estándar de interfaz permite interoperabilidad directa en el sistema a través de las estaciones base para la recepción de datos provenientes del exterior del sistema.

Interfaz de Despacho Local (15). Este estándar de interfaz permite interoperabilidad directa en el puesto local de despacho con la unidad de administración del sistema.

Interfaz de Acceso a Red Externa (16). Esta interfaz permite interconexión de redes diferentes con la red TETRA.

Interfaz de Estación de Línea o Interfaz de Línea de Despacho Remoto (17). Esta interfaz es para terminales conectadas a través de la conexión de línea alámbrica (wireline), por ejemplo ISDN, como opuesto a la especificación de interfaz de aire.

Interfaz de Inter-Sistema (18). Esta interfaz permite interconexión de redes TETRA de fabricantes diferentes

Interfaz de Administración de Red (IR). Este estándar de interfaz proporciona equipo de administración de red que interopere con una red TETRA.

5.4. BANDAS DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN

TETRA está diseñada para operar en un rango de frecuencias de 150 MHz a 900 MHz y cada célula tiene asignada una o más pares de portadoras (enlace de subida y enlace de bajada). La separación entre las frecuencias para el enlace de subida y el enlace de bajada es de 10 MHz (en la banda VHF) o de 45 MHz (en la banda UHF). Cada portadora proporciona cuatro canales físicos, por el uso de (TDMA), que divide a la portadora en cuatro ranuras con una duración de 14 167 ms. Los frames TETRA TDMA (las cuatro ranuras de tiempo) tienen un período de 56.67 ms. Este frame es repetido 18 veces para producir un multiframe con una duración de 1.02 s. El multiframe se repite 60 veces para producir un hyperframe de duración de 61.2 s, lo cual está relacionado a la encriptación y a la sincronización. La estructura del frame se muestra en la Figura 5.6. Los canales de transmisión de los enlaces de subida y los enlaces de bajada están defazados en tiempo por dos ranuras para permitir un funcionamiento half duplex para ser soportado por los terminales móviles de bajo costo, que no requieren un duplexor.

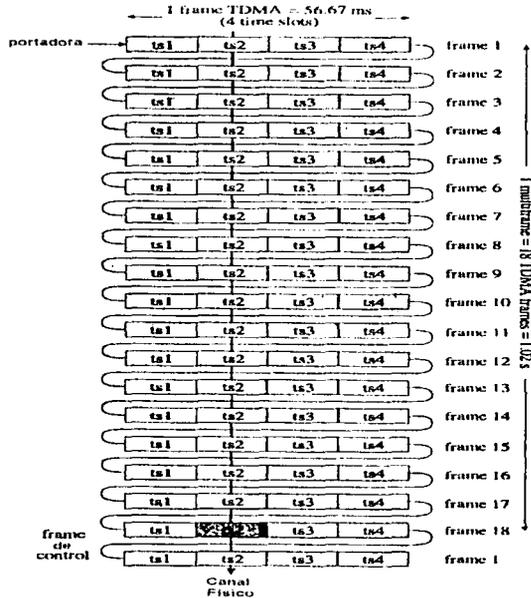


Figura 5.6. Estructura de un frame TETRA

5.5. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TETRA

Dentro de la norma TETRA se especifican dos modos generales de operación en una red con arquitectura TETRA, estos se listan a continuación:

- TETRA en MODO DIRECTO
- TETRA V+D

5.5.1. TETRA DMO (Funcionamiento en Modo Directo)

El modo troncal de funcionamiento especificado para TETRA está basado en la definición de la interfaz de radio conocido como I1. Además de este modo de funcionamiento TETRA proporciona también comunicaciones directas móvil a móvil. El Funcionamiento de Modo Directo (DMO) también puede usarse cuando la estación móvil está fuera del área de cobertura de la red o puede ser usado como un canal de comunicación más seguro, dentro del área de cobertura de la red.

El modo de funcionamiento móvil-a-móvil (walkie-talkie) se ilustra en Figura 4.13. En este modo los móviles se comunican directamente usando la interfaz de aire de modo directo.

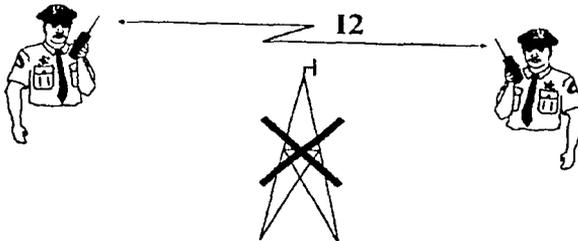


Figura 5.7. Operación en Modo Directo

En este caso particular la infraestructura TETRA no es involucrada y por consiguiente la interfaz de aire no proporciona características como la movilidad y administración de los recursos de radio. Un Funcionamiento en Modo Directo (DMO), el móvil proporciona una comunicación punto a punto o punto a multipunto, usando la interfaz de aire de modo directo (DM). La norma de TETRA especifica varias opciones para extender este modo de funcionamiento básico:

- Repetidor MS de modo directo para extender el rango más allá de dos móviles DMO;
- MS conmutable dual.- para soportar ambos modos TETRA DMO y TETRA V+D troncalizado en modo dual; y
- Gateway de Modo Directo.- para proporcionar un enlace entre TETRA DMO y el modo TETRA V+D.

Las diferentes posibilidades de operación basadas en las opciones anteriores pueden ser descritas con los modelos de referencia DMO. Cinco modelos DMO de referencia han sido definidos y éstos se describen brevemente a continuación.

DM-MS: MS en Modo Directo (DM-MS), es el modelo DMO básico donde dos móviles se comunican a través de la interfaz de aire DM, designados como en la modalidad de los "walkie-talkie". Un DM-MS que comienza una llamada proporciona la referencia de sincronización de la interfaz aérea y se vuelve el DM-MS maestro.

DW-MS: El modelo MS Dual Watch (DW-MS) aplica a un DM-MS el cual es capaz de ambos funcionamientos, DMO y V+D troncalizado. Un DW-MS puede comunicarse con un DM-MS o con un TETRA SwMI mientras al mismo tiempo monitorea para un canal V+D o canal DM. Un DW-MS puede supervisar para ambos canales V+D y DM.

DM-REP: El Repetidor de Modo Directo (DM-REP) recibe la información de un móvil transmisor DMO y retransmite a otro móvil DMO. Un móvil DM-REP es un regenerador, en que las ráfagas de información recibidas son decodificadas y re-codificadas para su retransmisión para mejorar el desempeño global del enlace.

DM-GATE: Este modelo representa el enlace entre el modo TETRA DMO y el TETRA V+D. Un DM-GATE proporciona las diferencias de protocolo entre las interfaces de aire DM y V+D troncalizado.

DM-REP GATE: Este modelo es un caso especial de la combinación de la funcionalidad de un repetidor y un gateway en el mismo equipo. Tal combinación puede ser fácilmente proporcionada por un repetidor DM montado en un vehículo y con la funcionalidad del gateway adicional para establecer un enlace a la red TETRA V+D.

5.5.1.1. Canal de Modo Directo

El funcionamiento en modo directo permite a los usuarios comunicarse cuando estén fuera de área de cobertura de una red TETRA. La comunicación tiene lugar con el uso específico de los canales de modo directo, los cuales son distintos y separados de los canales de modo troncalizado del estándar TETRA. Los canales Modo Directo son programados en el terminal móvil y el usuario selecciona uno de estos canales para la comunicación. Una llamada individual puede estructurarse entre dos terminales que han seleccionado el mismo canal de MD, el modo normal de funcionamiento es simplex. El móvil que llama puede empezar la transmisión directamente sin verificar la disponibilidad del móvil llamado, el cual, es el método predefinido (conocido como el modo básico). Alternativamente, el móvil que llama puede realizar una revisión de la presencia del móvil llamado dentro de su área de cobertura y comenzar la transmisión sólo después de recibir una indicación positiva de presencia. Un típico rango del área de cobertura es de 400 m, en áreas urbanas, y de 2 km en áreas rurales. El tiempo máximo de estructuración de llamada para DMO (no encriptados) la transmisión de voz es 150 ms.

Cuando un canal está libre puede usarse por cualquier estación móvil en modo directo. En el funcionamiento DMO la ausencia de una estación base requiere procedimientos especiales deben ser seguidos para lograr la sincronización entre los móviles que participan en una llamada. Cuando un canal está en uso activo en una llamada grupal o individual, una EM en modo directo actúa como "maestro" proporcionando sincronización usando Ráfagas de sincronización en Modo Directo (DSB) en frames de 6, 12 y 18, y transmite el tráfico en Ráfagas Normales de Modo Directo (DNB) en los frames 1 a 17.

5.5.2. Modo Circuito en TETRA (V+D)

Este modo de funcionamiento, que también es conocido como modo trunking, permite la transmisión simultánea de voz y datos en una configuración conmutada de circuito. En este modo cada fuente es asignada a un canal de tráfico durante la duración de una llamada, independientemente de si esa fuente está activa o no. Un canal de tráfico (TCH) es uno, de un número de canales lógicos, especificados en el sistema TETRA. El mecanismo de transmisión para los canales lógicos es proporcionado por un canal físico (por ejemplo una frecuencia/ranura portadora específica). Un canal físico particular puede ser usado para varios canales lógicos en una base de compartición y por consiguiente puede ser involucrado el concepto de multiplexaje.

Los canales físicos en TETRA son identificados como: canales físicos de control (CP) y canales físicos de tráfico (TP). Los canales lógicos son asignados en ambos, canales físicos de control y canales físicos de tráfico dependiendo de su modo de operación.

5.6. TIPOS DE CANALES

Un par de portadoras por sitio (célula) es designado para llevar el canal de control principal MCCH. En el funcionamiento normal, la ranura de tiempo 1 de cada frame (en ambos, enlace de subida y de bajada) es asignada para propósitos de control. Esto es conocido como Canal Físico de Control (CP). Las restantes tres ranuras de tiempos (canales) son usados para tráfico y representan a los Canales Físicos de Tráfico (TP). Considerado la ranura 2, en la figura 5.6, indica que el tráfico puede ser transmitido en las primeras 17 ocurrencias de esta ranura y que la ocurrencia 18 es usada para propósitos de señalización. Así el canal físico de Tráfico puede ser considerado como 17 frames TDMA consecutivos seguidos por un frame de control. Los Datos deben ser por lo tanto comprimidos en la proporción 17:18 para su transmisión en un canal físico de Tráfico.

5.6.1. Canales lógicos

El concepto de canales lógicos es crucial para el funcionamiento del sistema TETRA y es apropiado dar una apreciación global de la jerarquía de los canales lógicos. Esta jerarquía es bastante compleja y es asignada en la capa física en una variedad de maneras. Para entender la necesidad de esta jerarquía es necesario extender el modelo OSI de la Figura 5.1. La función de la capa 2 (capa de enlace de datos) es agregar codificación, para proporcionar un enlace libre de errores, via capa 1 (capa física) a la capa 3 (capa de red) al transmisor y receptor.

Sin embargo en el caso de enlaces dedicados de un radio móvil, entre la capa 3 por entidades, no existen. Por consiguiente la capa 2 también debe proporcionar y controlar los enlaces necesarios cuando sean requeridos y por consiguiente está dividida en una sub-capa de Control de Enlace Lógico (LLC) que actúa reciprocamente con la capa 3 y proporciona una comunicación fiable, y en una sub-capa de Control de Acceso al Medio (MAC) que actúa reciprocamente con la capa 1 y proporciona los recursos de comunicación necesarios. El Control de Acceso al Medio y el Control de Enlace de datos están separados de los datos del usuario, pero deben ser combinados de alguna manera para la transmisión a través del medio físico, via capa 1. Es necesario por consiguiente separar la información manejada por la capa 2 en: un plano de control y un plano de usuario. Esto lleva a la división mostrada en Figura 5.8.

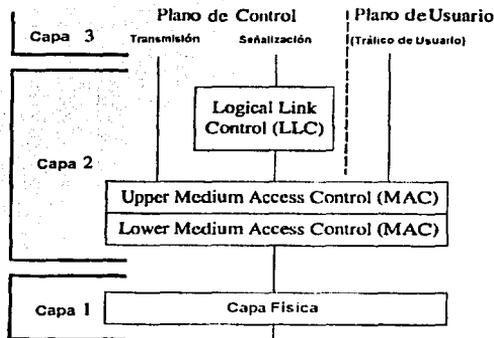


Figura 5.8. División en el modelo OSI del Plano de Control y Plano del Usuario

Se nota en la Figura 5.8 que la sub-capa de Control de Acceso al Medio está dividida en una MAC superior y una MAC inferior. En TETRA la comunicación, entre las capas del modelo OSI, tiene lugar a través de las interfaces definidas conocidas como Puntos de Acceso de Servicio (SAP). Este concepto es ilustrado en la Figura 5.9 que también indica la manera, en que la funcionalidad entre la MAC superior y la MAC inferior, está dividida.

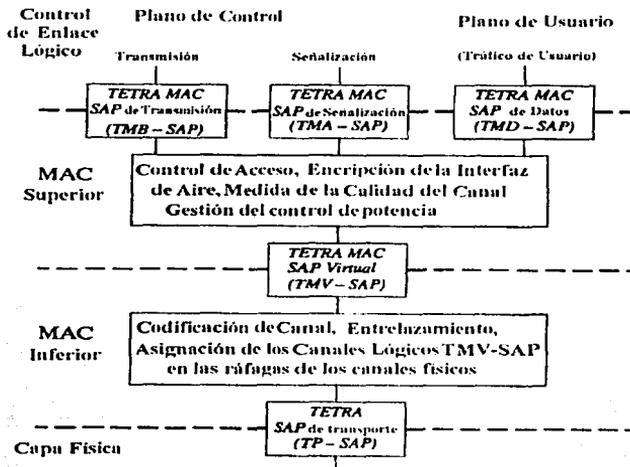


Figura 5.9. Puntos de Acceso de Servicio en la Arquitectura TETRA OSI

La información es pasada a la capa MAC superior y el MAC también genera su propia información para la comunicación punto a punto. La Figura 5.9 ilustra que la información pasada al MAC superior está compuesta de:

La información de transmisión del Plano-C, vía el TSB-SAP, destinada para todos los móviles (sólo base a móviles).

Información de Señalización Plano-C, que comprende la información del control bidireccional y datos del paquete, vía el TSA-SAP, destinada para móviles específicos.

Tráfico de usuario de Plano-U, que comprende voz en modo de circuito e información de señalización de los datos de los usuarios, vía el TMD-SAP.

Cada punto de acceso de servicio es proporcionado con canales lógicos para la transmisión de esta información.

5.6.2. Canal de Control de transmisión (BCCH)

El Canal de Control de Transmisión (BCCH) es pasado vía el MAC superior (TMB-SAP). El BCCH es un canal uni-direccional para el uso común de todos los móviles, su propósito es transmitir la información general. El BCCH está dividido en dos categorías, el Canal de Red de Transmisión (BNCH) y el Canal de Sincronización de Transmisión (BSCH). El BNCH transmite la información de la red a las estaciones móviles (sólo enlace de bajada) y es pasado al MAC inferior (vía el TMV-SAP) como parte del Canal de Señalización (SCH). El BSCH transmite la información a las estaciones móviles usadas para sincronización (también sólo el enlace de bajada), y es pasado MAC inferior como el BSCH. El BCCH es normalmente transmitido en la ranura 18. (vea las tablas 5.2 y 5.3).

5.6.3. Canal de Control Común (CCCH)

El Canal de Control Común (CCCH) es pasado vía el MAC superior (TMA-SAP). El CCCH es un canal bidireccional por transmitir información de control a, o recibir información de control de, móviles no introducidos activamente en una llamada de modo de circuito. El CCCH comprende el Canal de Control Principal (MCCH) y el Canal de Control Extendido (ECCH). El CCCH es pasado entre el MAC superior y el inferior (vía el TMV-SAP) como parte del Canal de Señalización (SCH).

5.6.4. Canal de Control asociado (ACCH)

El Canal de Control Asociado (ACCH) también es pasado vía el MAC superior (TMA-SAP). El ACCH es un canal de señalización dedicado bidireccional asociado con un canal el cual ha sido asignado para el tráfico de modo de circuito (es decir un TP). Comprende el Canal de Control Asociado Rápido (FACCH), el Canal de Control Asociado Lento (SACCH) y el Canal de Robo (Stealing) STCH. El FACCH usa los frames 1 a 17 cuando no son usados para tráfico y el Canal de Control Asociado Lento siempre usa la ranura 18. Cuando un móvil, es asignado primero a un canal físico (por ejemplo una combinación de ranura de tiempo con una portadora) el canal es proporcionado como el Canal de Control Asociado Rápido para la señalización de control lo cual ocurre al inicio de una llamada (un ejemplo típico es el BS asignada para transmitir el permiso a un móvil particular). Cuando esta fase de señalización está completa el canal asignado se vuelve un canal de tráfico (TCH). Al final de una llamada, el canal asignado revierte un FACCH para pasar la señalización del control del sistema. Así está claro (que el FACCH y el TCH son mutuamente exclusivos y no pueden existir al mismo tiempo).

También es necesario para señalizar información pasar entre el móvil y la estación base durante el progreso de una llamada. Hay dos mecanismos proporcionados para esto, el SACCH usa el frame 18 del canal físico el cual ha sido asignado al móvil, introducido en una llamada. Sin embargo el frame 18 no es usado exclusivamente para el SACCH asociado con una llamada particular sino que también lleva mensajes de transmisión que se usan para el control del sistema. Desde aquí es necesario indicar a los móviles, que canal lógico ocupará la próxima ocurrencia del frame 18 y esto se hace por medio del Bloque de la Transmisión, que el cual es transmitido en cada ráfaga. El otro método disponible para señalización, cuando una llamada es hecha utiliza el canal de robo (stealing). La capacidad es robada del enlace de subida o del enlace de bajada para mensajes urgentes, como la señalización del handover (cambio de frecuencia). En este caso parte del canal asignado es utilizado para el canal de robo (STCH) y así el TCH y el STCH pueden existir nominalmente al mismo tiempo. Cualquier parte de una ranura es asignada al STCH, esto es señalado por un cambio en la secuencia de instrucción transmitida dentro de la ráfaga. El FACH y SACH son pasados entre la MAC superior y la inferior (vía el TMV-SAP) como parte del Canal de Señalización (SCH). El STCH es pasado entre el MAC superior y el inferior como el STCH.

5.6.5. Canal de Asignación de Acceso (AACH)

El Canal de Asignación de Acceso (AACH) es generado dentro del MAC superior y por consiguiente no es pasado a las capas superiores. Es un canal uni-direccional (únicamente en el enlace de bajada), su propósito es indicar los derechos de acceso en los canales de control e indicar la asignación de las ranuras de los enlaces de subida y de bajada en cada canal físico. La información de AACH es llevada exclusivamente en el Bloque de la Transmisión (BBK) y está presente en cada ranura del enlace de bajada.

5.6.6. Canal de Linealización Común (CLCH)

El CLCH también es 'generado' dentro del MAC superior, y es una oportunidad de los móviles para linealizar sus transmisores. El CLCH es un canal del enlace de subida el cual es compartido por todos los móviles. Un Canal de Linealización BS (BLCH) es definido, el cual es un canal del enlace de bajada, usado por un operador BS en un modo de la transmisión discontinuo. El CLCH es pasado al MAC inferior (vía el TMV-SAP) como el CLCH. La manera en la cual el Canal de Linealización es multiplexado se ilustra en las tablas 5.2 y 5.3. Aunque el Canal de Linealización se considera como un canal lógico, ninguna información útil realmente es transmitida a través de la interfaz de radio.

El CLCH puede ser considerado como un intervalo de tiempo durante el cual las estaciones móviles pueden transmitir 'en el aire' con el propósito de supervisar y linealizar sus propios amplificadores de potencia después de cambiar la frecuencia (por ejemplo a una asignación del canal). Es necesario mantener una característica lineal para evitar degradar las ventajas de la forma del pulso.

5.6.7. Canales de tráfico (TCH)

El Canal de Tráfico es pasado vía el MAC superior (TMD-SAP). El TCH es bidireccional para llevar información del usuario. En TETRA, diferentes canales de tráfico son definidos para voz o aplicaciones de datos y para diferentes velocidades de mensajes de datos:

El Canal de Tráfico de Voz (TCH/S) lleva información digitalizada de voz producida por un codificador ACELP (Código Algebraico Predictivo y Lineal) a una tasa neta de 4.56 kb/s. Esta tasa es incrementada a 7.2 kb/s por la adición de bits de protección de error.

Tres canales de tráfico de datos son proporcionados dependiendo de la cantidad de protección del error inherente. Éstos son:

(TCH/7.2) ofreciendo datos sin protección a una tasa neta de 7.2 kb/s

(TCH/4.8) ofreciendo datos con baja protección a una tasa neta de 4.8 kb/s.

(TCH/2.4) ofreciendo datos con protección alta a una tasa neta de 2.4 kb/s.

Las tasas netas más altas, hasta de 28.8 kb/s, 19.2 kb/s o 9.6 kb/s pueden ser proveídas mediante la asignación a más de cuatro canales físicos de tráfico a la misma comunicación, la cual debe tener ranuras consecutivas en la misma frecuencia. TETRA tiene tres profundidades diferentes de entrelazamiento, lo cual puede ser aplicado a los canales de tráfico de datos TCH/4.8 y TCH/2.4.

5.6.8. Canal de Señalización (SCH)

El Canal de Señalización SCH es uno de los canales lógicos pasado por el MAC inferior a la capa física, via el TP-SAP. El SCH es compartido por todos los móviles, pero puede llevar mensajes específicos a un móvil o a un grupo de móviles. La operación del sistema requiere del establecimiento de por lo menos un SCH por cada estación base. El SCH puede ser dividido en tres categorías, dependiendo del tamaño del mensaje:

Canal de Señalización de Ranura Completa (SCH/F), el cual es un canal bidireccional usado para los mensajes de tamaño completo.

Canal de Señalización del Enlace de Bajada de Media Ranura (SCH/HD), el cual es sólo un canal del enlace de bajada, usado para mensajes de tamaño medio.

Canal de Señalización del Enlace de Subida de Media Ranura (SCH/HU) el cual es sólo un canal del enlace de subida, usado para mensajes de tamaño medio.

5.7. ASIGNACIÓN DE CANALES LÓGICOS EN TETRA

La manera en que los canales lógicos se acomodan (o asignan) en los canales físicos en TETRA depende si el canal físico es un Canal Físico de Control (CP) o un Canal Físico de Tráfico (TP). Será recordado que cada célula tiene un Canal de Control Principal (MCCH) llevado en la ranura 1 de la portadora designada, la cual es esencialmente el CP. La manera en la que los canales lógicos son asignados en el CP se muestra en la tabla 5.2.

Frame <i>FN</i>	ENLACE DE BAJADA		ENLACE DE SUBIDA	
	Bloque <i>BKN1</i>	Bloque <i>BKN2</i>	Subranura <i>SSN1</i>	Subranura <i>SSN2</i>
1 al 17	TCH STCH + TCH STCH + STCH		TCH STCH + TCH STCH + STCH	
18	SCH/F		SCH/F	
	SCH/HD BSCH SCH/HD	SCH/HD SCH/HD BNCH	SCH/HU CLCH	SCH/HU SCH/HU

Tabla 5.2 Asignación de Canales Lógicos en un canal Físico de Tráfico (TP)

El BS indica en el AACH el tipo de canal lógico para ser usado en las próximas subranuras (SCH/HU o CLCH) o ranura (SCH/F) del enlace de subida. Esta indicación es válida dentro de un frame y para un canal físico. Un arreglo similar ocurre para la asignación de canales lógicos en un canal físico de tráfico, en este caso el tipo de canal lógico para ser usado en la próxima subranura o ranura completa del enlace de subida es indicada por el BS en el AACH, el cual es llevado en el Bloque de Transmisión de cada ráfaga. La asignación de un canal para un canal Físico de Tráfico se muestra en la tabla 5.3.

Frame FN	ENLACE DE BAJADA		ENLACE DE SUBIDA	
	Bloque <i>BKN1</i>	Bloque <i>BKN2</i>	Subranura <i>SSN1</i>	Subranura <i>SSN2</i>
1 to 17	SCH/F		SCH/HU	SCH/F
	SCH/HD SCH/HD	SCH/HD BNCH	SCH/HU CLCH	SCH/HU SCH/HU
18	BSCH	SCH/HD		

Tabla 5.3 Asignación de Canales Lógicos en un canal Físico de Control (CP)

Está claro que hay varios canales lógicos presentes en la subcapa MAC, el propósito de la cual es simplemente apoyar al funcionamiento correcto de la capa física. El AACH, indica los derechos de acceso en los canales de control y en los marcadores de uso en los canales de tráfico, y el CLCH entra en esta categoría. Un parámetro extenso existe para el apoyo de un funcionamiento correcto de la capa física conocido como Bandera de Ranura (SF). Esto corresponde a una de dos secuencias de sincronización usadas a nivel físico, en una normal ráfaga de un enlace de subida o de bajada, para indicar si uno o dos canales lógicos están presentes dentro de la ráfaga. El funcionamiento del modo V+D en TETRA se relaciona estrechamente a la estructura del canal lógico

5.8. SERVICIOS DE RED TETRA

TETRA proporciona un gran número de servicios que se caracterizan como servicios de soporte y teleservicios. Un servicio de soporte se define como un servicio que proporciona la transferencia de información entre las interfaces de red de un usuario, involucradas sólo en la utilización de las capas bajas (capas 1 a 3 del modelo OSI) excluyendo las funciones del terminal. Un teleservicio provee la capacidad completa para la comunicación entre los usuarios incluyendo las funciones terminales. Un teleservicio incluirá atributos de las capas más altas por consiguiente (4 a 7) del modelo OSI.

Un servicio de soporte en TETRA es por ejemplo: una llamada individual, llamada de grupo, llamada de grupo reconocida y llamada de transmisión general, para cada uno de lo siguientes modos:

- Modo de circuito (Voz más Datos)
- Modo Orientado a la Conexión de Paquetes
- Modo de Paquetes sin Conexión

Los teleservicios soportados por TETRA son voz limpia o servicio de voz encriptada en cada uno de lo siguientes modos:

- Llamada individual (de punto a punto)
- Llamada de grupo (punto-a-multipunto)
- Llamada de grupo reconocido
- Llamada de transmisión general

TETRA también provee varios servicios suplementarios que modifican o complementan un servicio de soporte o a un teleservicio. Estos servicios suplementarios pueden ser divididos en servicios del tipo PMR

y servicios de tipo telefónico. Un servicio típico suplementario del tipo PMR es la asignación de prioridad de acceso, un servicio típico telefónico suplementario es el reenvío de llamadas, por ejemplo.

Los servicios de telecomunicación en TETRA, así como en GSM, siguen el modelo ISDN de agrupación como los servicios de soporte, teleservicios, y los servicios suplementarios. Los servicios de soporte son facilidades básicas de comunicación proporcionados por la red en las capas 1 a 3 del modelo OSI, mientras que los teleservicios hacen uso de las 7 capas del modelo OSI para proporcionar servicios de fin-a-fin.

Los servicios de soporte son concernientes en cómo los datos son transportados, de punto a punto sin tener en cuenta el tipo de aplicación o, volumen de datos que está siendo transportado. Ellos proporcionan las "tuberías digitales" básicas que serán usadas como bloques de construcción para aplicaciones de red más sofisticadas. TETRA provee tres tipos de servicios de soporte:

- Datos en modo de circuito;
- Datos en modo de paquete, y
- Servicio de datos cortos (SDS).

Éstos se resumen en tabla 5.3 para los tres tipos de sistemas TETRA: V+D, PDO, y DMO. Los tres sistemas de TETRA pueden identificarse por lo que se refiere a servicios que ellos soportan:

Sistema V+D - proporciona voz y datos en modo de circuito, datos en modo de paquete, y SDS a través de las cuatro ranuras de tiempo.

Sistema PDO - proporciona sólo datos en modo de paquete a través del equivalente de las cuatro ranuras de tiempo en el sistema de V+D.

Sistema DMO - proporciona servicios de voz y datos en modo de circuito y SDS a través de una sola ranura de tiempo.

5.8.1. Datos en Modo de circuito

Los servicios de datos en modo de circuito son proporcionados por sistemas V+D y DMO. El sistema V+D soporta un funcionamiento de multi-ranura, es decir, además de un funcionamiento de un sólo canal, los canales pueden ser agregados como 2,3 o 4 para incrementar la capacidad. Para el sistema DMO, sólo el funcionamiento de una sola ranura es soportado.

Los servicios de soporte de datos en modo de circuito proporcionan conexiones fin-a-fin de conmutación de circuitos a través de la interfaz de aire. Desde que el ruteamiento de redes no es necesario, los servicios de soporte están esencialmente disponibles en el enlace de datos o la capa 2 del modelo OSI.

Un número de servicios de conmutación de circuitos es soportado dependiendo del nivel de protección de error de datos proporcionada y el número de canales agregados bajo el funcionamiento de multi-ranura. El nivel de protección de los datos escogido para una conexión variará según la naturaleza de los datos a transportarse. Para aplicaciones que pueden tolerar un poco de degradación, puede ser apropiado transmitir con baja protección o sin protección y aceptar cualquier error que pueda ocurrir. Las transmisiones de voz e imágenes entran en esta categoría de aplicaciones. Por otro lado, datos que deben transferirse intactos o con una muy baja tasa de errores en la transmisión (mensajes de señalización, los datos del usuario, etc.), serán proveídos con el nivel más alto de protección. La capacidad de conexión, principalmente determinada por el nivel de la protección y el número de canales agregados, también es dependiente de otros factores como: el volumen de datos a ser enviado, el tiempo de respuesta requerido, y el costo de servicio.

5.8.2. Datos en Modo de Paquete

Los servicios de datos en modo de paquete son soportados por ambos sistemas V+D y PDO. El sistema V+D usa un esquema mMA que también es usado para transmitir voz digitalizada. El sistema PDO, por otro lado, emplea un esquema de multiplexación estadística a una tasa "gruesa" de 36 kb/s en el canal entero proporcionado por la portadora (equivalente a 4 ranuras de tiempo V+D). Debido a la naturaleza de ráfagas de tráfico de datos (como opuesto a un modelo de tráfico relativamente regular para voz en tiempo real, por ejemplo) los esquemas de multiplexación estadísticos generalmente trabajan mejor para aplicaciones orientadas a datos. Esta es de hecho la razón por la cual PDO surgió como una norma.

TETRA provee dos tipos de servicios de datos en modo de paquete: orientados a conexión y sin conexión. El servicio orientado a conexión establece las conexiones virtuales entre las terminales transmisora y receptora para transferir los paquetes de datos necesitados. Los servicios sin conexión, por otro lado, transfieren sólo un paquete de datos sin establecer la conexión virtual. La funcionalidad que ofrece es similar a la del Protocolo de Internet (IP).

Los servicios de datos cortos en TETRA (SDS) es un servicio de datagrama, el cual es un servicio sin confirmar optimizado para el intercambio de mensajes en estado de predefinido o mensajes definidos de usuario. Ambos punto a punto (mensajes individuales) y punto a multipunto (mensajes de grupo o mensajes de transmisión general) son soportados. Los mensajes SDS usan la capacidad libre del canal de señalización que de vez en cuando está disponible. Como tal, los mensajes SDS no requieren un canal establecido de su propiedad y existen como la parte de la señalización. Los mensajes SDS pueden por consiguiente ser enviados o recibidos en paralelo con una llamada de voz establecida. Por otro lado, si el terminal de destino no está disponible, el mensaje SDS puede guardarse para una entrega más tarde.

Los mensajes de estado predefinido proporcionan la codificación más eficiente de los mensajes de usuario. Los mensajes simplemente son designados por un valor de entero de 16-bit, capaces de representar a 65535 mensajes distintos. Por ejemplo, el número 0, en un mensaje predefinido, designa una llamada de emergencia. Los estados de los mensajes se categorizan en dos tipos, de acuerdo al rango, como se muestra a continuación:

- 0 a 32767 reservados para el uso del sistema.
- 32768 a 65535 disponible para la red TETRA y definiciones específicas de usuario.

Los mensajes de usuarios pueden estar fijados en una de tres longitudes, en los tamaños de 16, 32, o 64 bites, o en una longitud variable de hasta 2047 bits. Los Tipos de SDS de Usuarios son definidos como sigue:

- Tipo 1 = 16 bites (fijo)
- Tipo 2 = 32 bites (fijo)
- Tipo 3 = 64 bites (fijo)
- Tipo 4 = 2047 máximo de bits (variable)

5.8.3. Teleservicios

Un teleservicio es un servicio del sistema visto por el usuario via la interfaz de máquina del hombre del terminal. Proporciona capacidad completa, incluso todas las funciones terminales, para la comunicación entre usuarios. Los teleservicios de TETRA incluyen comunicación encriptada o libre de voz con las siguientes categorías:

Llamada individual. Ésta es una llamada establecida punto a punto entre dos partes. La parte que hace la llamada recibe reconocimiento del progreso de la llamada (contestada, sin contestar, rechazada, etc).

Llamada de grupo. Esto es una llamada establecida punto a multipunto de un usuario a más de uno. La llamada se establece inmediatamente y el que llama no recibe el reconocimiento de cualquiera de las llamadas individuales acerca de si ellos están listos o no para comunicarse. Éste es el caso, porque en este tipo de estructuración de llamada rápida, el tiempo es el objetivo principal en este tipo de llamada.

Llamadas de grupos reconocidos. Esto es lo mismo que lo descrito para la llamada de grupo, excepto que una llamada no es establecida a menos que se reciba el reconocimiento de un número definido de partes llamadas de que ellos están listos para comunicarse. Los miembros de grupo pueden ser interrogados para su presencia y si el número de miembros de un grupo se juzga insuficiente entonces la llamada puede ser eliminada.

Llamadas de transmisión general. Ésta es una llamada punto a multipunto de una parte a más de uno. Con una comunicación de transmisión general, una llamada en un sentido único se establece inmediatamente y las partes llamadas no están permitidas para responder.

Una llamada de grupo es una comunicación semi-dúplex entre un usuario llamante (normalmente un despachador en un centro de mando) y uno o más usuarios llamados. Los miembros de un grupo tienen un número común por el cual ellos serán direccionados, y este número de grupo puede ser modificado y asignado dinámicamente en cualquier fase. El usuario que llama selecciona un grupo, y activa el equivalente del botón PTT (Press-to-Talk) para transmitir su voz a los miembros del grupo. La llamada propietaria puede transferirse a otro miembro del grupo llamando el servicio suplementario apropiado, el cual se describe en la sección siguiente.

5 8 4 Servicios Suplementarios

El estándar TETRA define servicios suplementarios, los cuales pueden modificar o complementar los servicios básicos. Hay 30 servicios suplementarios en total. Éstos incluyen capacidades del estilo PMR como el control de la prioridad de llamada y la asignación dinámica del número de grupo; así como los servicios de estilo telefónico como la diversión de la llamada y espera de la llamada, así como los servicios de estilo de teléfono como la diversión de llamada y la llamada en espera. Lo siguiente resume los servicios suplementarios bajo una agrupación relacionada.

5 8 4.1. Servicios de Identificación de Llamada

Estos son los servicios que, cuando son activados, pueden proporcionar información con respecto a la identificación de los usuarios. Se proporcionan varios servicios en esta categoría como se listan a continuación.

Presentación de Identificación de Línea que llama. Éste es un servicio ofrecido al usuario que es llamado e identifica el número del usuario que realiza la llamada y, si es aplicable, la subdirección del usuario llamante.

Presentación de Identificación de la Línea Conectada. Esto identifica el número del usuario conectado y, si es aplicable, la subdirección del usuario conectado. Note la diferencia entre "el usuario que llama" y el "usuario conectado".

Restricción de Identificación de la Línea Conectada Llamante. Previene el despliegue de la identificación del usuario que llama a otros, es decir previene la identificación la identificación de la línea que llama o conectada antes de trabajar.

Informe de llamada. Indica la identidad al usuario llamado que no es contactable, ocupado, o que no contesta.

Identificación de las partes que hablan. Informa a todos partes conectadas la identidad del usuario que está hablando.

5.8.4.2. Servicios de Reenvío de Llamadas

Con los servicios de reenvío de llamadas, las llamadas entrantes al usuario llamado son, sujetos a condiciones, desviadas a otro destino, definido por el usuario llamado en el momento de activar el servicio. Tres condiciones de envío de llamada, como en envíos incondicionales se definen a continuación.

Reenvío de llamada en Ocupado. Instruye a la red para enviar todas las llamadas entrantes que encuentren una condición de ocupada a otro número.

Reenvío de llamada no Accesible. Instruye a la red para enviar todas las llamadas entrantes a otro número cuando el número llamado no está accesible.

Reenvío de llamada sin Contestación. Instruye a la red para enviar todas las llamadas entrantes a otro número.

Incondicional Reenvío de llamadas. Instruye a la red para enviar todas las llamadas entrantes a otro número.

5.8.4.3. Servicios de Ofrecimiento de Llamadas

Lista de Búsqueda de llamada. Le permite al usuario definir uno o más números a los que la infraestructura intentará dirigir las llamadas infructuosas entrantes

Llamada Autorizada por Despachador. Necesita del despachador para verificar y aprobar una petición de llamada antes de que el permiso para proceder la llamada sea permitido.

Número corto de Dirección. Permite el uso de números cortos predefinidos (direcciones abreviadas) en lugar de las direcciones completas.

Selección del área. Esto le permite al usuario escoger una área geográfica para las llamadas individuales salientes. Para la selección de área de llamadas entrantes, esto restringe la recepción de llamadas entrantes de grupo sólo a aquellas recibidas cuando el usuario está en el área definida.

Prioridad de acceso. Esto le permite al usuario tener acceso a la red cuando el enlace de radio esté congestionado

Llamada de prioridad. La infraestructura dará prioridad de acceso, a los recursos de la red, a llamadas que se han enviado con el estado de prioridad

Retención de llamada. Esto le permite al usuario poner un nivel de protección a las llamadas contra la probabilidad de tener los recursos apropiados de conexión de red.

5.8.4.4. Servicios de Realización de Llamada

Esta categoría proporciona varios servicios para hacer la manera de cómo una conexión de llamada es completada.

Llamada en Espera. Esto alerta al usuario de una llamada entrante aunque esté ocupado en otra llamada. La llamada en espera puede aceptarse, rechazarse, o ignorarse.

Retención de llamada. Le permite al usuario poner las llamadas individuales en espera, o llamadas multipunto él o ella es el dueño de la llamada.

Realización llamada en Subscriptor Ocupado. Automáticamente completa la llamada cuando el usuario que llama encuentra a un usuario ocupado. Esto también es referido como regreso de llamada cuando se libera.

Entrada Posterior. Durante una llamada de voz multipunto, la infraestructura enviará indicaciones relacionadas a esta llamada para permitir a los miembros de grupo unirse a la llamada de voz realizada.

Transferencia de Control. Le permite al creador de una llamada multipunto transferir su llamada a otro usuario y entonces dejar la llamada sin terminarla.

Llamada de Prioridad preventiva. Asignará los recursos a un usuario, aun cuando esto signifique que otras llamadas con prioridad más baja serán desconectadas.

Realización de llamada sin Contestación. Este servicio completa la llamada automáticamente cuando el usuario que llama encuentra a un usuario que no contesta. El que llama necesita que la llamada sea completada automáticamente cuando el destino llamado esté por usarse. Esto también es referido como regreso de llamada.

5.8.4.5. Servicios Multipartidarios

Llamada incluida. Habilita al usuario, mientras está involucrado en una llamada activa con otro usuario, llamar a un tercer usuario y tenerlos incluidos en la llamada original.

Asignación dinámica de Número de Grupo. Permite al usuario crear, modificar y borrar grupos.

5.8.4.6. Servicios de Restricción de Llamada

Obstrucción de llamada Salientes: Le permite al usuario excluir categorías seleccionadas de llamadas salientes de ser estructuradas por otros usuarios.

Obstrucción de llamadas Entrantes: Le permite al usuario excluir categorías seleccionadas de llamadas entrantes de ser recibidas por otros usuarios.

5.8.4.7. Servicios de Intrusión de Llamada

Escucha discreta. Le permite a un usuario supervisor escuchar una o más comunicaciones de os subscriptores de TETRA sin ninguna indicación de que la comunicación está siendo supervisada. La identificación de las partes que hablan es dada al usuario supervisor.

Escucha del ambiente. Este servicio le permite al usuario que llama poner una MS o LS TETRA en un tipo especial de llamada de voz individual para que así el terminal llamado transmita sin ninguna acción

de, o indicación al, usuario llamado. Con este servicio habilitado, el terminal de TETRA se vuelve un micrófono remoto esencialmente para supervisar alguna situación de emergencia.

5.8.4.8. Servicios de Carga

Aviso de Carga. Este servicio permite al usuario recibir información acerca de los cargos de una llamada.

La tabla 5.4 resume los servicios suplementarios que son propuestos para las aplicaciones de seguridad pública. Éstos deben ser explicativos por sí mismos de las descripciones breves dadas.

Servicios de Ofrecimiento de Llamada

- Prioridad de Acceso
- Selección de Área
- Llamada autorizada por una consola de despacho
- Retención de Llamada
- Llamada de Prioridad

Servicios de Intrusión de Llamada

- Escucha del Ambiente
- Escucha Discreta

Servicios de Complementación de Llamadas

- Entrada Posterior
- Llamada de Prioridad Preventiva

Servicios Multipartidarios

- Llamada incluida.

Asignación dinámica de Número de Grupo.

Tabla 5.4 servicios Suplementarios esenciales para aplicaciones de seguridad pública

Capítulo VI. El Proyecto APCO 25 (EEUU)

6.1. INTRODUCCIÓN

En la examinación de sus necesidades actuales y futuras, las agencias de comunicaciones de seguridad pública identificaron varios factores que apuntaban a la necesidad de desarrollar comunicaciones bidireccionales digitales avanzadas para remplazar los sistemas analógicos ineficiente espectralmente.

- Al creciente escasez del radio espectro disponible
- Mejor calidad de voz en grandes áreas
- La demanda creciente para la integración de nuevas funciones de datos y de ancho de banda
- Preocupación por la Seguridad

La iniciativa del Proyecto 25, ha traído una gran amplia de agencias locales, estatales, y gubernamentales de la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) en USA para la evaluación y desarrollo de un nuevo estándar para los radios digitales bidireccionales.

Copresidido por APCO Internacional y la Asociación Nacional de Directores de Telecomunicaciones de Estado (NASTD), a un comité directivo fue dado el trabajo de evaluación de la plétora de tecnologías. Varios subcomités, en turno, proporcionan la experiencia técnica la investigación de un número de áreas especializadas. IFR, a través de su asociación con la TIA, ha sido una llave contribusora para investigación y definición de parámetros de prueba para los nuevos estándares.

El principal trabajo del Comité directivo fue el establecimiento de un estándar de radio digital de banda angosta para que de esta manera múltiples vendedores pudieran competir para contratos para proporcionar una red con productos interoperables. Los principios secundarios incluyen, el conseguir una máxima eficiencia del radio espectro, y la simplificación del equipo P25.

El objetivo del Proyecto 25 es establecer, desde la perspectiva de los usuarios, un estándar para la operación y funcionalidad de nuevos estándares de radio de seguridad pública, de banda ancha digital e inalámbrica que pueden ser usados para la recepción y transmisión de voz, video, y datos de alta velocidad, y amplia cobertura

Algunos de estos atributos primarios de esta red incluyen, pero no están limitados a, lo siguiente:

- a. Satisfacer las actuales y posteriores necesidades y requisitos de las localidades de seguridad pública local, estatal y federal
- b. Producir mejoras inmediatas, significantes y evolucionarias en la eficiencia del espectro radioeléctrico.
- c. Promover competición en los ciclos de vida del sistema.
- d. Permitir efectividad, eficiencia, y seguridad en comunicaciones de inter e intra agencias (interoperabilidad).
- e. Proporcionar diseño de equipo amigable al usuario.
- f. Establecer una arquitectura que proporcione una transición dentro de los sistemas existentes, realizada para tener interoperabilidad y compatibilidad con los sistemas de comunicación inalámbricos analógicos y digitales utilizados
- g. Proporcionar una arquitectura capaz de transportar múltiples estándares internacionales basados en protocolos de datos

- h. Permitir transmisión half o full duplex de información digital.
- i. Permitir el cambio de frecuencia de las unidades moviéndose en los sitios.
- j. Permitir varios niveles de seguridad e integridad de la red.
- k. Proporcionar un diseño de red que sea capaz de transportar tráfico con un mínimo de errores.

APCO 25 reúne a representantes de muchas agencias gubernamentales locales, de estado y federales que evalúan las tecnologías básicas en el campo de la radio móvil. El objetivo es encontrar soluciones que mejoren las necesidades en el mercado de la seguridad pública. Además, el comité ha alentado la participación de numerosas organizaciones de seguridad pública internacionales, haciendo esto una verdaderamente iniciativa mundial de establecer un estándar global. Específicamente, APCO 25 está copresidido por APCO Internacional y la Asociación Nacional de Directores de las Telecomunicaciones Estatales (NASTD). El comité directivo, el cual toma las decisiones, consiste en APCO Internacional y los representantes de NASTD, junto con los representantes federales de la Administración de Telecomunicaciones Nacionales e Información (NTIA), el Sistema de Comunicaciones Nacional (NCS), y el Departamento de Defensa (DoD). El comité directivo es apoyado por varios subcomités que investigan en áreas especializadas.

Este equipo ha estado dirigiendo un proceso totalmente abierto para buscar nuevas tecnologías de la radio bidireccional digital de un número grande de diseñadores del sector privado industrial. Un juego de requisitos básicos fue establecido para evaluar cada tecnología propuesta, con los vendedores invitados a participar en las pruebas de evaluación independientes y abiertas. El comité directivo buscó establecer normas de sistemas abiertos para que múltiples vendedores pudieran hacer productos competitivos que sean compatibles. Muchas de las tecnologías importantes consideradas han sido privadas o propietarias. Sin embargo, APCO 25 seleccionó tecnologías propietarias, como una norma recomendada cuando los dueños estuvieron de acuerdo en compartir su tecnología con otros vendedores. Una lista de las compañías participantes se anexa a este documento.

Cada aspecto de APCO 25 es diseñado para beneficiar a profesionales de seguridad públicos que buscan un nuevo nivel de desempeño, eficiencia, capacidades, y calidad en las comunicaciones de la radio bidireccional. Cuatro objetivos importantes guiaron al comité directivo a través de este proceso abierto:

Proporcionan funcionalidad mejorada con equipo y capacidades enfocadas en las necesidades de seguridad pública:

- Mejorar la eficiencia del espectro.
- Asegurar la competición entre los vendedores múltiples a través de la Arquitectura de Sistemas Abiertos.
- Permitir efectividad, eficiencia y fiabilidad en las comunicaciones intra-agencias e inter-agencias.

En adición a esos objetivos, APCO 25 lo hace más fácil para los usuarios para tomar la decisión más informada posible al planear convertir el sistema existente a digital. El sistema de cada vendedor empezará en un campo nivelado, determinado por un juego establecido de especificaciones. Esto permite a los usuarios comparar los rasgos directos y beneficios de sistemas enteros y productos de radio individuales con más precisión. Esto hará ofrecer procesos más competitivos entre los vendedores probables. Además, los usuarios tienen la oportunidad de mezclar y nivelar el equipo de los proveedores de APCO 25 desde que sus equipos seguirán todas las normas básicas.

Desde los principios de los 90's, los diseñadores del proyecto 25 han trabajado para establecer nuevos estándares para las comunicaciones de radio digital en las organizaciones de seguridad pública.

6.2. PROCESO DE NORMALIZACIÓN

Cuando las agencias de seguridad pública evalúan sus necesidades de la radio bidireccional para el futuro, muchas están sacando algunas conclusiones similares:

- El radio espectro está siendo cada vez más congestionado
- La demanda para la transmisión de datos es más pronunciada
- Los sistemas necesitan un incremento en su funcionalidad
- La comunicación segura es una necesidad creciente
- Mejorar la calidad de voz es esencial más que el área de cobertura.

Claro, actualizando una red de comunicaciones es una tarea mayor por lo que se refiere a tiempo, energía y gasto. Un número de posibles soluciones está disponible, incluyendo las tecnologías digitales que se volverán, y están ahora llegando a ser, disponibles. Ellas ofrecen el potencial para dirigir a muchos o todos los involucrados, y ellas pueden mantener una verdadera plataforma el futuro. Sin embargo, la decisión para cambiar a lo digital es sólo el primer paso. Hay varias tecnologías digitales diferentes en el mercado, haciendo la selección difícil. Cada uno tiene su propio juego de características que pueden o no satisfacer a las organizaciones de seguridad públicas

El proceso de crear una norma ANSI/TIA/EIA debe seguir los siguientes pasos:

- a. Escribir el borrador del Estándar
- b. El grupo de trabajo aprueba el borrador
- c. El Comité Directivo aprueba el borrador
- d. Indagación Pública del borrador
- e. Votación de la TIA del borrador
- f. Publicación con TIA/ANSI
- g. Implementación

La Asociación Internacional de Seguridad Pública de Comunicaciones Oficiales, Inc. (APCO Internacional) se compromete a hacer el proceso de selección más fácil a través de APCO 25, un esfuerzo de toda la industria para establecer las normas recomendadas de la tecnología de la radio bidireccional digital, para las organizaciones de seguridad públicas. Trabajando junto con APCO internacional, las agencias de seguridad públicas pueden tomar esta oportunidad para mover la tecnología a lo largo de un camino común que beneficia al mayor número de usuarios.

El Proyecto 25 es una propuesta para proporcionar la creación de un estándar TDMA de dos ranuras APCO en la mayor y más antigua organización de comunicaciones para seguridad pública. Sus 13,000 miembros consisten de personal que proporciona servicios de policía, bomberos y servicios médicos de emergencia, así como, servicio militar, y personal de gobierno.

El reporte final del Comité Asesor de Seguridad Pública Inalámbrica (PSWAC) es la mayor fuente de documentos de esta declaración de requerimientos. Dentro del reporte final, son identificadas cuatro grandes limitaciones como restricciones del uso de servicios comerciales para misiones críticas con aplicaciones inalámbricas de seguridad pública. Acceso con prioridad, renovación del sistema, confiabilidad, cobertura, y seguridad. Esta declaración de Requisitos tiene la intención de describir una plataforma que pueda ser instalada como una compañía comercial o gubernamental que supere esas limitaciones, proporcionando un acceso universal a todos los suscriptores dentro de una red administrada y cuidadosamente controlada.

Los documentos finales establecen que el estándar APCO 25 fue aprobado y firmado en Agosto de 1995 en la Conferencia y Exposición Internacional APCO en Detroit, Michigan. A este evento, Motorola Inc., Stanilite Pacific Ltd, E.F. Johnson Co., BK Radio Inc., y Transcript Internacional participaron en una demostración de interoperabilidad del equipo APCO, utilizando una estación base Stanilite y radios portátiles de BK Radio, Motorola, E.F. Johnson, Transcript Internacional en la exhibición. La realimentación de los miles de asistentes que examinaron los sistemas indica que la prueba tuvo un éxito aplastante. Incluso aquellos que dudaron del concepto de la participación de los multivendedores, fueron impresionados y convencidos de la viabilidad de APCO 25 como una norma voluntaria.

Un requisito básico para el nuevo equipo de la radio digital es la compatibilidad dirigida con los estándares de radios FM analógicos. Esto apoya una migración ordenada en los sistemas mixtos analógicos y digitales, permitiéndoles a los usuarios a comerciar gradualmente radios y equipo de infraestructura. Seleccionando productos y sistemas que obedecen a normas recomendadas APCO 25, las agencias están seguras que la inversión en la última tecnología tiene un claro camino de migración para el futuro.

Las características básicas de Proyecto 25 son las siguientes:

Fase I— Diseño de Emisión 8K10F1E (C4FM, compatible con la modulación de frecuencia de 4-niveles) en un canal de 12.5 kHz

Fase II— Diseño de Emisión de 5K76G1E (CQPSK, compatible con la codificación de cambio de fase de cuadratura) en un canal de 6.25 kHz.

Receptores comunes para ambos tipos de modulación C4FM y CQPSK para asegurar una interoperabilidad completa.

Encriptación— Como es definida en los algoritmos “Estándares de Encriptación de Datos” (DES) en los Estados Unidos.

Vocoder IMBE (Excitación de MultiBanda Mejorada)— Proporcionando 4400 bits/s de voz digitalizada, 2800 bits/s de corrección de error de voz en la voz, y 2400 bits/s de señalización, para una tasa de bits agregados de 9600 bits/s.

IFR influenció a los Expertos del Estándar del Proyecto P25 para desarrollar una solución de prueba de Proyecto 25. Un proveedor de largo tiempo de soluciones de prueba sirviendo al mercado SMR, IFR tuvo mucho interés y experiencia para contribuir a los desarrollos de los nuevos estándares digitales SMR. Iniciando en 1995, los empleados de IFR, a través de su membresía con el Comité de Estándares TR8 de la TIA, han estado prestando sus servicios en varios subcomités para desarrollar el estándar P25. Diseñada como una nueva plataforma de marca, el concepto central fue construir una plataforma, con lo cual podría manejarse fácilmente la aplicación en fases del estándar, así como otros requisitos de prueba.

6.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El corazón de Proyecto 25 es una arquitectura abierta (no propietaria) y disponible por cualquier fabricante para usarla. Esta arquitectura establece un estándar para productos de hardware y software compatibles de un gran número de vendedores. También marca una trayectoria para nuevos adelantos tecnológicos que deberán seguir siendo compatibles. La arquitectura del Proyecto 25 soporta tanto a los

sistemas de radio troncalizados como los sistemas convencionales. Las especificaciones del Proyecto 25 definen las siguientes interfaces abiertas y las definiciones de equipo. Tiene la intención de que equipo de cualquier lado de esas interfaces podría ser proporcionado por cualquier fabricante.

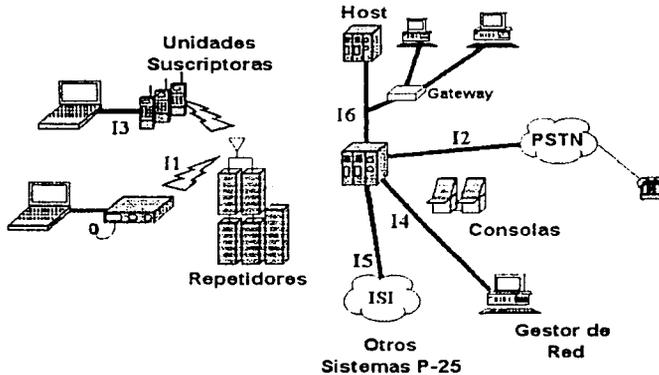


Figura 6.1 Arquitectura Funcional de una red Proyecto APCO 25

6.3.1. Subsistemas de RF

El equipo de la infraestructura central en el corazón de la red... el equipo del sitio... son llamados "subsistemas de RF". Los sistemas de RF pueden soportar estaciones únicas o múltiples, y sitios únicos o múltiples. Para cumplir con el estándar del Proyecto 25, los subsistemas de RF deben cumplir con todas las interfaces abiertas definidas, incluyendo la interfaz CAI y una interfaz para los hosts de las redes de computadoras. El equipo debe contener todos los controles lógicos necesarios para soportar el procesamiento de llamadas en las interfaces abiertas.

Cada subsistema de RF puede llegar a ser un bloque de construcción para una red de área más amplia. Sin tener en cuenta su configuración, debe ser capaz de conectarse con cualquier otro subsistema de RF sin importar como estén configurados. Y así puede esperar que su sistema Proyecto 25 será capaz de integrarse en una red regional o a nivel estado.

6.3.2. Interfaces

En Enero de 1993, el Proyecto 25 de APCO se movió hacia la adopción de una arquitectura de sistema determinada por 6 normas de interfaz que determinarán el futuro de la tecnología digital para el uso en los mercados de seguridad pública.

Interfaz Común de Aire (II). La primera de estas interfaces a ser definida fue la Interfaz de Aire Común (CAI), extremadamente importante. CAI establece las normas recomendadas para la compatibilidad e interoperabilidad para las señales digitales de radio a radio. Esto significa que en un sistema de proyecto 25 de APCO, el equipo móvil y portátil de cualquier fabricante es diseñado para ser combinado libremente. En noviembre de 1993, el Comité Directivo del Proyecto 25 de APCO aceptó el estándar de la Interfaz de Aire Común recomendada por la TIA, la cual especifica:

- FDMA como método de acceso
- Modulación QPSK-C
- Tasa de datos 9,6 kbps
- Vocoder DVSI, usando un canal de 12.5 kHz.

La mayor meta inicial de Proyecto 25 fue la Interfaz de Aire Común (CAI). Equipo móvil y portátil de cualquier fabricante, puede ser combinado libremente e interoperar en cualquier sistema de Proyecto 25. Un conjunto de estándares de características de radio está garantizado para trabajar a través de estándares de radio de los fabricantes.

La interfaz CAI permite:

- Migración a banda angosta a canales de 12.5 kHz (para una máxima utilización del ancho de banda)
- Componentes "listos para usar" diseñados específicamente para servicios del campo de las radiocomunicaciones móviles (equipo más rentable que satisfagan las tareas)
- Comunicaciones punto a punto sin el uso de un repetidor u otra infraestructura (economías de simplicidad)
- Protección de ser bloqueado en cualquier tecnología propietaria (migración, actualización, vendedores alternativos). Mientras el conjunto de estándares de características debe ser proporcionado por cualquier vendedor de equipo, cada fabricante sistema puede aumentar las características del estándar incluyendo nuevas características, las cuales pueden ser soportadas únicamente por los móviles y portátiles del fabricante.
- El equipo en un sitio CAI es de una variable densidad, un sitio puede tener múltiples estaciones o sólo una estación.
- No hay diferencia técnica en el equipo entre los sistemas "convencional" y "truncalizado" bajo la norma de Proyecto 25.

La única diferencia es el conjunto de características y el método de acceso. No hay diferencia en radios móviles, radios portátiles, o subsistemas de RF (controladores de estaciones, etc.) con respecto a los sistemas digitales compatibles con Proyecto 25.

Interfaz de Interconexión Telefónica (I2). El Proyecto 25 de APCO requiere una interfaz abierta a las redes telefónicas. Define ambos modos de soporte tanto analógico como para la red PSTN o ISDN, así excediendo las interfaces históricas de radio móvil, típicamente usadas ya sea analógica o ISDN pero no ambas. La definición proporciona un uso selectivo de estándares probados de interfaces telefónicas actualmente en uso.

Interfaces de Datos de Red y de Host (I3 e I6). El sistema de Proyecto 25 debe conectar a las computadoras hosts y a las redes de datos. Tres protocolos diferentes son ocupados en el estándar: TCP/IP (conocido también como "Protocolo de Internet"), SNA, y X.25. En adición del requerimiento de una interfaz física, Proyecto 25 requiere que las comunicaciones de "radios unidos a puertos de datos" deben ser indistintas de las comunicaciones en esas redes de cualquier dispositivo lógicamente direccionable. En otras palabras, una conexión a través de una red Proyecto 25 debe ser la misma conexión que para otros medios.

Cada radio debe soportar un dispositivo de computación. Iniciando con datos puede ser tan fácil como conectar una laptop a un radio en un vehículo y "entrar" a la computadora host de la misma forma que si se usará una computadora en una oficina. Motorola frecuentemente responde preguntas de los usuarios norteamericanos de los diferentes estándares desarrollados para tecnología de radio bidireccional.

Interfaz de Gestión de Red (14). Proyecto 25 adoptó una interfaz de gestión de red uniforme para todos los subsistemas de RF, sin importar su fabricante. Dentro de cualquier subsistema de RF de cualquier fabricante, todos los elementos clásicos de gestión de red deben ser soportados de acuerdo a un gestor de red seleccionado único.

Interfaz InterSistemas (15). Esta es la interfaz que permite que varios subsistemas de RF sean interconectados en redes de área amplia. La interfaz está diseñada para dar flexibilidad en el sistema para combinar cualquier número de subsistemas de RF de cualquier tamaño. Una red puede ser construida con únicamente algunos subsistemas de RF, o con varios sistemas pequeños según las circunstancias. Los subsistemas pueden ser sistemas de un solo sitio débilmente acoplados, o sistemas con múltiples sitios de gran desempeño según sean necesarios.

Esta interfaz también proporciona un punto en común para subsistemas con diferentes tecnologías (TDMA, FDMA, microcélula) e incluso diferentes bandas de radiofrecuencia. Aunque un móvil o portátil dado puede realizar el proceso de roaming libremente entre sistemas con la interfaz digital CAI del proyecto 25, la interfaz InterSistemas de Proyecto 25 tiene el potencial de realizar la conexión incluso en redes totalmente diferentes, tal como entre una red de radio privada de usuarios y una red de telecomunicaciones privada de usuarios.

6.4. PROYECTO 25 FASE II

La fase I del proyecto 25 es dividirlo en radio convencional y radio troncal. La parte convencional del estándar del proyecto define las comunicaciones digitales convencionales operando en las frecuencias de VHF y UHF. La parte troncal define las comunicaciones digitales troncales operando en UHF y en 800 MHz. Un radio convencional del proyecto 25 no es compatible con un radio troncal del mismo proyecto. Hasta la fecha, el sistema convencional ha sido bastante exitoso en el alcance de las metas del proyecto 25. El comité de los estándares del proyecto 25 ha realizado un excelente trabajo definiendo uno de los mejores estándares digitales convencionales del mundo. Gracias al trabajo de las agencias federales de los Estados Unidos encabezadas por el Departamento de Interior, existe un mercado competitivo para la parte convencional del proyecto 25. ReIn Communications, EF Johnson, una división de Transcript, Motorola y Racal están produciendo portátiles y móviles del proyecto 25 para VHF y UHF. ADI, Daniels y Motorola producen repetidores convencionales para VHF y UHF. El mercado convencional del proyecto 25, aunque fuertemente dominado por Motorola, tiene una fuerte base que lo hará más competitivo al incrementarse las ventas de los otros equipos.

El estándar de Proyecto 25 utiliza FDMA (Acceso por División de frecuencia múltiple) para lograr una mayor eficiencia espectral por la "cercanía" del ancho de banda necesario para transmitir un mensaje. Sin embargo, el comité Directivo de Proyecto 25 ha aceptado dos propuestas de TDMA (4-ranuras y 2-ranuras) como alternativas para el Proyecto 25 fase II. Los comités de Proyecto 25 están explorando ambas propuestas para tener en común los objetivos e interoperabilidad de Proyecto 25 con Proyecto 25 FDMA en fase I. Los comités de Proyecto 25 pasaron a FDMA de 6.25 kHz como un estándar completamente aprobado por ANSI/EIA/TIA.

6.5. ENCRIPCIÓN

Proyecto 25 tiene tres documentos que definen los servicios de encriptación y seguridad. Los documentos de Proyecto 25 definen los métodos de encriptación de usuario. El Gobierno Federal de Estados Unidos categorizó soluciones de criptografía digitales en una de las primeras cuatro categorías primarias: Tipo 4, Tipo 3, Tipo 2, y Tipo 1. Tipo 1 es para material clasificado de Estados Unidos (Seguridad Nacional), Tipo 2 es para seguridad intra agencias federales, Tipo 3 es para seguridad interagencia e interoperación entre Agencias Federales, Estatales y Locales de USA, y el Tipo 4 es para soluciones propietarias (exportable como sea determinado por cada vendedor y el Departamento de Estado de los Estados Unidos). Esos diferentes tipos de encriptación son descritos en los documentos de Proyecto 25. Motorola actualmente implementa los métodos de encriptación Tipo 4 y Tipo 3 y piensa implementar la encriptación de Tipo 1.

6.6. POTENCIA DE SALIDA DEL EQUIPO

Equipo	Potencia
Estación Base	6-125 Watts
Móvil	10-110 Watts
Portátil	1-5 Watts

En Proyecto APCO-25 y en los radios digitales, surgen los nuevos procesos de modulación donde las comunicaciones de voz de los usuarios son transmitidas en modulación digital como proceso opuesto a la modulación digital. La diferencia es similar a la diferencia entre los teléfonos celulares analógicos y los nuevos teléfonos PCS digitales. Los sistemas digitales convierten la voz de los usuarios en formatos binarios de 1's y 0's. Las señales que usan modulación digital no pueden ser monitoreadas con ningún scanner hoy en día, por que los scanners de hoy pueden únicamente monitorear señales moduladas analógicamente. Las señales moduladas digitalmente requieren un convertidor A/D (analógico a digital) para convertir los 1's y 0's a voz estandar - llamado Vocoder.

Los nuevos scanner, los cuales tendrán una ranura para una tarjeta decodificadora digital, permitiendo monitorear sistemas convencionales y sistemas troncalizados APCO-25 -incluyendo sistemas de Motorola como ASTRO APCO-25 y por supuesto sistemas APCO-25 que usen canal de control de 9.6kb. APCO-25 especifica el uso de un vocoder conocido como IMBE (Improved MultiBand Excitation) desarrollado y licitado por Digital Voice Systems, Inc. IMBE es usado también para voz digital en los sistemas Inmarsat M y Mini-M, como en la red de satélites Australianas Optus.

Hay dos tipos de sistemas APCO-25 de Motorola:

- Los sistemas APCO-25 que son totalmente digitales usarán un canal de control de 9.6kb. Esto significa que todos los radios en el sistema deben ser digitales, deben ser totalmente conforme el estándar APCO-25. Es muy raro para un sistema usar este formato. El Estado de Michigan es uno de los pocos sistemas que usan este formato.
- Sistemas APCO-25 que necesitan cualquier compatibilidad con sistemas anteriores con radios analógicos o grupos de habla, deben usar el estándar de 1 canal de control de 3.6 kb, el Tipo II de Motorola. La mayoría de los sistemas "APCO-25" implantados hoy en día siguen este formato, desde que existe la necesidad de compatibilidad con radios analógicos.

6.7. BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Proyecto APCO 25 está propuesto para operar en un rango de frecuencias de 136-162 MHz, 146-174 MHz, 403-433 MHz, 438-470 MHz, 450-482 MHz, 482-512 MHz, 806-870/821MHz y cada célula tiene asignada una o más pares de portadoras (enlace de subida y enlace de bajada).

Actualmente existen sistemas trabajando en las bandas de 821-824 MHz y la de 866-869 MHz, con una separación entre las frecuencias centrales de 25 kHz o de 12.5 kHz y un ancho de Banda por canal de 12.5 MHz

6.8. SERVICIOS

Al igual que TETRA, el estándar de Proyecto APCO 25 también proporciona un gran número de servicios que se caracterizan como servicios de soporte y teleservicios. Un servicio de soporte en APCO 25 es por ejemplo: una llamada individual, llamada de grupo, llamada de grupo reconocida y llamada de transmisión general. Los teleservicios soportados por TETRA son voz limpia o servicio de voz encriptada en cada uno de lo siguientes modos:

- llamada individual (de punto a punto)
- llamada de grupo (punto-a-multipunto)
- llamada de grupo reconocido
- llamada de transmisión general

Los servicios de telecomunicación en TETRA, así como en GSM, siguen el modelo ISDN de agrupación como los servicios de soporte, teleservicios, y los servicios suplementarios. Los servicios de soporte son facilidades básicas de comunicación proporcionados por la red en las capas 1 a 3 del modelo OSI, mientras que los teleservicios hacen uso de las 7 capas del modelo OSI para proporcionar servicios de fin-a-fin.

Dentro de los servicios de soporte en Proyecto APCO 25, existen 4 tipos de conexión de un móvil, dentro de la red. Estos tipos de conexión son los siguientes:

- Punto a Punto
- Llamada de Grupo
- Llamada de Grupo Reconocido.
- Transmisión General

6.8.1. Servicios de Protección.

Dentro del estándar de Proyecto APCO 25 están definidos básicamente dos tipos de encriptación en general:

- Voz y Datos sin Protección
- Datos Protegidos

6.8.2. Teleservicios

6.8.2.1. Servicios Básicos de Voz

Llamada individual. Esta es una llamada establecida punto a punto entre dos partes. La parte que hace la llamada recibe reconocimiento del progreso de la llamada (contestada, sin contestar, rechazada, etc).

Llamada de grupo. Esto es una llamada establecida punto a multipunto de un usuario a más de uno. La llamada se establece inmediatamente y el que llama no recibe el reconocimiento de cualquiera de las llamadas individuales acerca de si ellos están listos o no para comunicarse. Éste es el caso, porque en este tipo de estructuración de llamada rápida, el tiempo es el objetivo principal en este tipo de llamada.

Llamadas de grupos reconocidos. Esto es lo mismo que lo descrito para la llamada de grupo, excepto que una llamada no es establecida a menos que se reciba el reconocimiento de un número definido de partes llamadas de que ellos están listos para comunicarse. Los miembros de grupo pueden ser interrogados para su presencia y si el número de miembros de un grupo se juzga insuficiente entonces la llamada puede ser eliminada.

Llamadas de transmisión general. Esta es una llamada punto a multipunto de una parte a más de uno. Con una comunicación de transmisión general, una llamada en un sentido único se establece inmediatamente y las partes llamadas no están permitidas para responder. Una llamada de grupo es una comunicación half-dúplex entre un usuario llamante (normalmente un despachador en un centro de mando) y uno o más usuarios llamados.

6.8.2.2. Servicios Avanzados de Voz

Regreso de llamada. Este servicio completa la llamada automáticamente cuando el usuario que llama encuentra a un usuario que no contesta. El que llama necesita que la llamada sea completada automáticamente cuando el destino llamado esté por usarse. Esto también es referido como *Realización de llamada sin Contestación* en la norma TETRA.

Llamada en Espera. Esto alerta al usuario de una llamada entrante aunque esté ocupado en otra llamada. La llamada en espera puede aceptarse, rechazarse, o ignorarse.

Inclusión de llamada. Durante una llamada de voz multipunto, la infraestructura enviará indicaciones relacionadas a esta llamada para permitir a los miembros de grupo unirse a la llamada de voz realizada.

Llamadas controladas por un centro de despacho. Necesita del despachador para verificar y aprobar una petición de llamada antes de que el permiso para proceder la llamada sea permitido.

Escucha del ambiente. Este servicio le permite al usuario que llama poner una Estación Base en un tipo especial de llamada de voz individual para que así el terminal llamado transmita sin ninguna acción de, o indicación al, usuario llamado. Con este servicio habilitado, el terminal se vuelve un micrófono remoto esencialmente para supervisar alguna situación de emergencia.

Selección del área. Esto le permite al usuario escoger una área geográfica para las llamadas individuales salientes. Para la selección de área de llamadas entrantes, esto restringe la recepción de llamadas entrantes de grupo sólo a aquellas recibidas cuando el usuario está en el área definida.

6.8.3. Servicios Suplementarios

Acceso con prioridad. Esto le permite al usuario tener acceso a la red cuando el enlace de radio esté congestionado.

Llamada de Prioridad. La infraestructura dará prioridad de acceso, a los recursos de la red, a llamadas que se han enviado con el estado de prioridad.

Suscripción durante el curso de una llamada. Durante una llamada de voz multipunto, la infraestructura enviará indicaciones relacionadas a esta llamada para permitir a los miembros de grupo unirse a la llamada de voz realizada.

Llamada Dominante. Asignará los recursos al usuario que cuente con este servicio, aun cuando esto signifique que todas las otras llamadas con prioridad más baja serán desconectadas.

Monitoreo. Este servicio proporciona la habilidad de supervisar y tener control de todas las llamadas que se estén realizando dentro del sistema, con la propiedad de poder intervenir en cualquiera de ellas.

Asignación dinámica de grupo. Permite al usuario crear, modificar y borrar grupos.

ID del terminal generador de la llamada. Aparecerá en el display del radio llamado el número de identificación ID del radio que está realizando la llamada.

6.8.4. Servicios de Encriptación

Dentro del Proyecto APCO 25 existen diferentes códigos y formas de encriptación, entre los más importantes se presentan los siguientes para llevar a cabo la Codificación Digital de la Información:

- Empleo de algoritmos de encriptación dinámicos y recursivos.
- Selección Única de la llave de encriptación
- Diseño de los módulos recurrentes de encriptación en base uno a uno.
- Autenticación del usuario o terminal extremo a extremo.
- Autenticación de la infraestructura.
- Administración de la encriptación, reprogramación al aire.

De la misma manera que en TETRA, existen diferentes tipos de encriptación:

Interfaz de aire. La encriptación se realiza directamente en la interfaz de aire de los terminales.

Voz. Encriptación realizada en la voz.

Canal de Control de Datos. Encriptación realizada en el canal de control.

6.8.5. Servicios de Datos

Servicios de Transmisión de Datos. Los servicios de datos proporcionan conexiones fin-a-fin a través de la interfaz de aire. Donde el ruteamiento de redes no es necesario, los servicios están esencialmente hechos en el enlace de datos o la capa 2 del modelo OSI.

Servicios de Datos confirmados y con protección de hasta 9.6kbps. El nivel de protección de los datos escogido para una conexión variará según la naturaleza de los datos a transportarse. Para aplicaciones que pueden tolerar un poco de degradación, puede ser apropiado transmitir con baja protección o sin protección y aceptar cualquier error que pueda ocurrir. Las transmisiones de voz e imágenes entran en esta categoría de aplicaciones. Por otro lado, datos que deben transferirse intactos o con una muy baja tasa de errores en la transmisión (mensajes de señalización, los datos del usuario, etc.), serán proveídos con el nivel más alto de protección. La capacidad de conexión, principalmente determinada por el nivel de la protección y el número de canales agregados, también es dependiente de otros factores como: el volumen de datos a ser enviado, el tiempo de respuesta requerido, y el costo de servicio.

Servicios de Paquetes de Datos. Proyecto APCO 25 proporciona dos tipos de servicios de datos en modo de paquete, orientados a conexión y sin conexión. El servicio orientado a conexión establece las conexiones virtuales entre las terminales transmisora y receptora para transferir los paquetes de datos necesitados. Los servicios sin conexión, por otro lado, transfieren sólo un paquete de datos sin establecer la conexión virtual. La funcionalidad que ofrece es similar a la del Protocolo de Internet (IP).

6.8.6. Servicios de Aplicación

Proyecto APCO 25 cuenta con un sinnúmero de servicios de aplicación, entre los principales se encuentran:

- Acceso a bases de datos
- Direccionamiento IP de las terminales
- GPS
- Transferencia de Imágenes
- Compresión
- Cualquier otra aplicación tipo "Ráfaga"

6.8.7. Servicios de Gestión

Al igual que TETRA el Sistema de Gestión de Proyecto 25 trabaja bajo el modelo "FCAPS":

Fault Management. Gestión de Fallas.

Configuration Management. Gestión de la configuración de los elementos del sistema.

Accounting Contabilidad

Performance Management. Gestión del desempeño de la red.

Security Management. Gestión de la seguridad en el sistema.

Es decir, que son administrados de forma separada cada uno de los diferentes puntos importantes dentro de la gestión del sistema

6.9. SISTEMAS DE GESTIÓN BAJO EL PROTOCOLO SNMP.

La interfaz SNMP permite la visualización en un único punto de los diferentes elementos de la red:

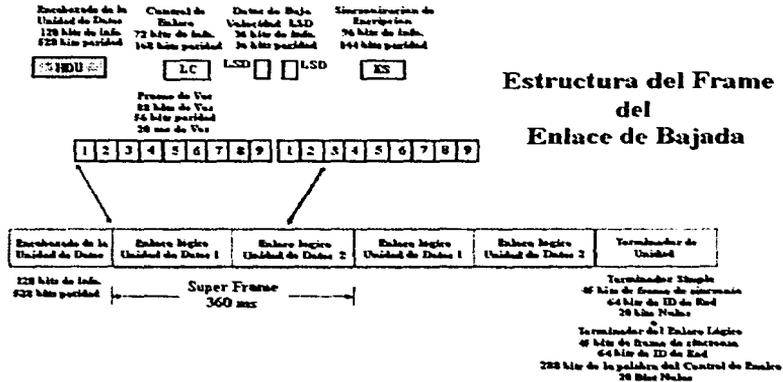
- Servidores Centrales de despacho, Datos y Voz, inclusive aquellos que indirectamente intervengan en el sistema.
- Ruteadores.
- Redes de transporte.
- Sitios Repetidores.

6.10. ESTRUCTURA DEL FRAME DE VOZ

Un canal de baja velocidad de 88,9 bit/s es proporcionado en la estructura del frame de voz digitalizada. Ninguna aplicación es definida actualmente. Una aplicación bajo discusión consiste en usar el canal de datos de baja velocidad para la transmisión de información del lugar geográfico exacto.

La palabra de encabezado, transmitida al inicio de cada transmisión, contiene 120 bits de información y 528 bits de corrección de error. Los frames de Voz son de 180 ms de duración y un par de frames de voz, forman un superframe de 360 ms. El primero de un par de frames de voz transmitidos, además de voz

digitalizada y su código correctivo de error, 72 bits de información del control de enlace, 168 bits de código correctivo de error en la información del control de enlace, y 16 bits de señalización de datos de baja velocidad incluidos, con 16 bits de código correctivo de error. El segundo frame de voz, del par transmitidos, contiene 16 bits adicionales de señalización de datos de baja velocidad con 16 bits de código correctivo de error, 96 bits de información de encriptación, y 144 bits de protección de error en la información de encriptación.



Estructura del Frame del Enlace de Bajada

Figura 6.2. Estructura de un frame del enlace de bajada

El encabezado es precedido por 48 bits de la señal de sincronización y un identificador de red de 64 bits (para prevenir la confusión entre los radios en redes diferentes). Los 120 bits de información en la palabra de encabezado consisten en 72 bits para el vector de inicialización de encriptación, 8 bits para un identificador de fabricante, 8 bits para identificar el algoritmo de encriptación, 16 bits para identificar qué variable de encriptación está siendo empleada, y 16 bits para la dirección de grupo. Incluyendo el código correctivo de error, símbolos de estado (22 bits), y la señalización precedente, el encabezado requiere 82.5 ms para la transmisión

6.11. INFORMACIÓN DE ENCRIPCIÓN DE LA VOZ DIGITALIZADA

Los 96 bits de información de encriptación consisten en los tres campos relacionados con la encriptación del encabezado: el vector de inicialización de encriptación de 72 bits, el identificador algoritmo de encriptación de 8 bits, y el identificador de la llave variable. La información de encriptación es protegida por un código correctivo de error de 144 bits. El proceso de encriptación no cambia durante una transmisión.

Como previamente fue declarado, 72 bits de información del control de enlace son contenidos en el primero de cada par de Frames de Voz. Si el destinatario es un grupo, la información del control de enlace consiste en 1 octeto que describe el tipo de información, 1 octeto que contiene el identificador del fabricante, 1 bit que indica si la transmisión es de emergencia o no, 15 bits reservados para un uso futuro, 2 octetos para la dirección del grupo, y 3 octetos para el identificador del radio transmisor. Si el destinatario es otro radio, los últimos 7 de los 9 octetos consisten de: 1 octeto reservado para uso futuro, 3

octetos para el identificador del radio destino, y 3 octetos para el identificador del radio transmisor. Esta información es protegida con 168 bits código correctivo de error.

La información requerida para la decodificación (incluso el vector de inicialización de codificación) es transmitida al principio de todas las transmisiones, y es incluida al principio de la señalización a lo largo de todas las transmisiones de voz digitalizada. Esto permite el uso de algoritmos de codificación múltiples y las "llaves variables". Un número adecuado de bits se ha asignado para permitir el más alto (es decir, más seguro) nivel de codificación.

Para proporcionar la mayor cobertura posible (es decir, rango de operación), un grado alto de corrección de error y entrelazado se ha proporcionado. El ambiente móvil está sujeto a severo desvanecimientos Rayleigh y las técnicas de APCO 25 han sido diseñadas para operar técnicas para operar en ambientes de tasas de error de hasta 7 por ciento.

6.12. PAQUETES DE DATOS

Los bloques de Datos Confirmados contienen un número serial de 7 bits (para permitir una transmisión selectiva), 9 bits de detección de error en todo el block, y 14 octetos de datos. Los bloques de datos sin confirmar contienen 12 octetos de datos (Nota: Un código de 32-bit de detección de error es añadido al final de todos los paquetes de datos).

6.12.1. Estructura de Paquetes de Datos

Los mensajes de datos son divididos en Fragmentos de menos de 512 octetos. Los fragmentos están, a su vez, divididos en Bloques de octetos de M, dónde M=12 para mensajes sin confirmar y M=16 para mensajes protegidos (excepto Bloques de encabezado son de 12). Nota: un Fragmento, precedido por la información de encabezado, se define como un Paquete de Datos.

6.12.2. Encabezado de Paquetes de Datos

El Bloque de encabezado usado para las comunicaciones entre una radio y un nodo de paquetes de datos (es decir, un conmutador) contiene los octetos de dirección e información de control, seguidos por 2 octetos de detección de código de error. La Información contenida en el encabezado incluye: la identidad del Punto de Acceso de Servicio al cual los datos están dirigiéndose, una identificación de los fabricantes (para permitir las funciones no estandarizadas), un identificador del enlace lógico para identificar la radio que envía un paquete a un nodo y el radio receptor de un paquete que sale de un nodo, el número de bloques siguientes en el paquete, el número de octetos para completar el último bloque, el número de la sucesión del paquete, y el número de sucesión del Fragmento. Para las comunicaciones de datos de paquete directamente entre dos radios, los bloques de encabezado se usan al principio de cada paquete para llevar la dirección necesaria e información de control. El encabezado es precedido por 48 bits de sincronización y 64 bits del identificador de la red (para prevenir la confusión entre radios de redes diferentes).

Actualmente Proyecto 25 tiene tres documentos llamados OTAR. La capacidad OTAR estará disponible, usando un canal convencional para la recodificación; Será una opción escalable de software en los usuarios de Motorola. Un futuro Troncalizado basado en la versión de la aplicación de OTAR será soportada por el servicio de Voz y Datos Integrados Troncalizados.

Capítulo VII. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RADIO MÓVIL TRONCALIZADO DIGITAL.

7.1. COMPARACIÓN DE TETRA Y APCO 25

Ambos sistemas TETRA y Proyecto APCO 25 pertenecen a la era digital de las radiocomunicaciones, y los dos estándares están reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Por un lado TETRA trata de cubrir toda Europa y gran parte de Asia, e excepción de Japón, y el Proyecto APCO 25 surge en Estados Unidos

TETRA es el único estándar TDMA de los Sistemas PMR troncalizados digitales.
APCO 25 es el único estándar FDMA de los Sistemas PMR troncalizados digitales



Figura 7.1. Actividad Mundial en Estándares Digitales de Radio Comunicación Móvil

Las características a analizar de estos sistemas son:

- Servicios de Interfaz

Interfaces entre los diferentes elementos del sistema

Técnicas de acceso al canal

Plan de Canalización, reglamentación del uso de las frecuencias.

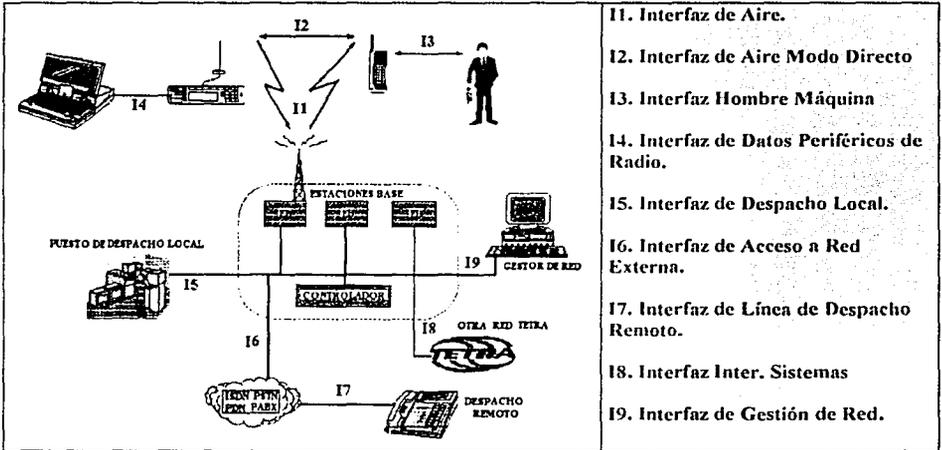
Velocidad de Acceso a la Red

Capacidad

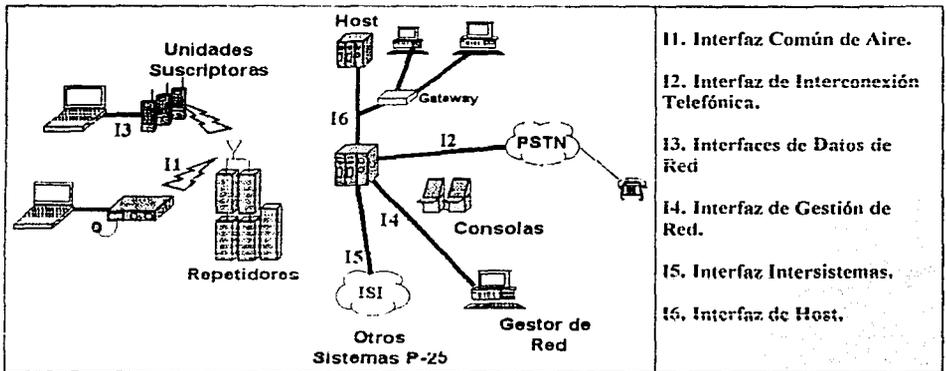
- Servicios de Soporte o Servicios Portadores (Conectividad)
- Teleservicios (Servicios de Voz y Datos)
- Servicios Suplementarios (ID del móvil que llama)
- Servicios de Encriptación
- Servicios de Datos o Servicios de Soporte o Portadores.
- Servicios de Aplicación
- Servicios de Gestión

7.2. SERVICIO DE INTERFAZ (INTERFACES ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL SISTEMA)

TETRA

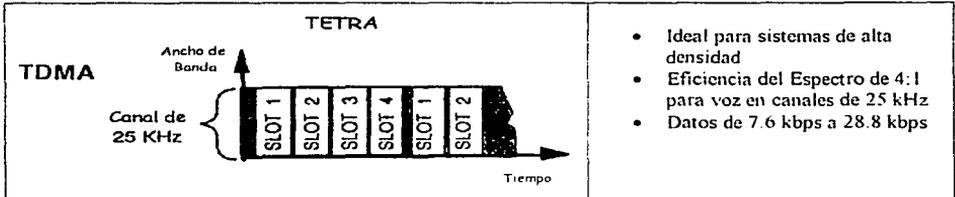


APCO 25

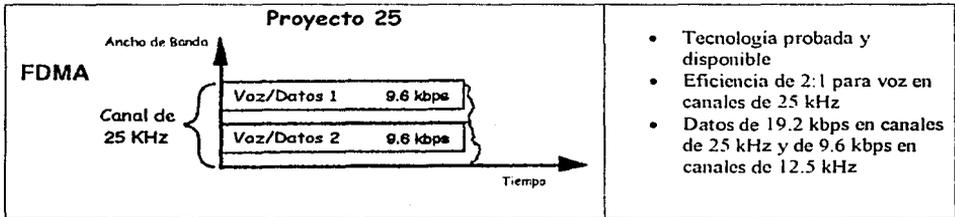


7.3. TÉCNICAS DE ACCESO AL CANAL

TETRA (TDMA)



Proyecto APCO 25 (FDMA)



7.4. DISEÑO DE LOS CANALES, REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS FRECUENCIAS. CANALIZACIÓN RECOMENDACIÓN CITEL.

Proyecto 25

Bandas de 821-824 MHz y la de 866-869 MHz

Separación entre las frecuencias centrales de 25 kHz o de 12.5 kHz

Ancho de Banda por canal de 12.5 MHz

TETRA

Bandas de 380-390 MHz y la de 390-400 MHz, Canalización a 25 kHz.

Separación entre las frecuencias centrales de 25 kHz

Ancho de Banda por canal de 25 MHz

7.5. SERVICIOS DE SOPORTE O SERVICIOS PORTADORES.

4 tipos de conexión de un móvil

TETRA	Proyecto APCO 25
Punto a Punto Llamada de Grupo. Llamada de Grupo Reconocido. Transmisión General	Punto a Punto Llamada de Grupo. Llamada de Grupo Reconocido. Transmisión General

Protección

TETRA	Proyecto APCO 25
Voz y Datos sin protección Datos con protección baja Datos con protección alta	Voz y Datos sin Protección Datos Protegidos

7.6. TELESERVICIOS

Servicios Básicos de Voz

TETRA	Proyecto APCO 25
Llamada Individual. Llamada de Grupo. Llamada de Grupo Reconocido. Mensaje de Transmisión General	Llamada Individual. Llamada de Grupo. Llamada de Grupo Reconocido. Mensaje de Transmisión General

Servicios Avanzados de Voz

TETRA	Proyecto APCO 25
Direccionamiento con números cortos Detección de llamadas entrantes o salientes Reporte de Llamadas Llamada en Espera Escucha del Ambiente Identificación de las partes que hablan Selección de Área Inclusión posterior a una llamada Transferencia de control Asignación de Número de Grupo Dinámico Retención de Llamada Llamada de Prioridad Llamada de Prioridad preventiva Acceso con Prioridad Aviso de Carga Escucha Discreta	Retollamada Llamada en Espera Inclusión de Llamada Llamadas controladas por un centro de despacho Escucha del Ambiente Selección de Área

7.7. SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

TETRA	Proyecto APCO 25
Lista de Búsqueda	Acceso con prioridad.
Inclusión de Llamada	Llamada de Prioridad.
Reenvío de Llamadas	Suscripción durante el curso de una llamada.
Llamada Autorizada por un centro de despacho	Llamada Dominante
Presentación del ID de la línea que llama	Monitoreo
ID de la línea conectada	Asignación dinámica de grupo
Llamada en espera	ID del terminal generador de la llamada.
Realización de la llamada a suscriptores ocupados.	
Repetición de la realización de la llamada	

7.8. SERVICIOS DE ENCRIPCIÓN

Codificación Digital de la Información

TETRA	Proyecto APCO 25
Empleo de algoritmos de encriptación dinámicos y recursivos.	Empleo de algoritmos de encriptación dinámicos y recursivos.
Selección Única de la llave de encriptación	Selección Única de la llave de encriptación
Diseño de los módulos recurrentes de encriptación en base uno a uno	Diseño de los módulos recurrentes de encriptación en base uno a uno.
Autenticación del usuario o terminal extremo a extremo.	Autenticación del usuario o terminal extremo a extremo.
Autenticación de la infraestructura.	Autenticación de la infraestructura.
Administración de la encriptación, reprogramación al aire	Administración de la encriptación, reprogramación al aire.

Tipos de Encriptación

TETRA	Proyecto APCO 25
Interfaz de aire.	Interfaz de aire.
Voz.	Voz.
Canal de Control de Datos.	Canal de Control de Datos.

7.9. SERVICIOS DE DATOS

Servicios de Transmisión de Datos

Servicios de Datos confirmados y altamente protegidos de 2.4 kbps hasta 9.6 kbps	Servicios de Datos confirmados y con protección de hasta 9.6kbps.
Servicios de Datos confirmados y medio protegidos de 4.8 kbps hasta 19.2 kbps	Servicios de Paquetes de Datos
Servicios de Datos sin protección de 7.2 kbps hasta 28.8 kbps	
Servicios de Datos cortos	
Servicios de Paquetes de datos	

Servicios de Aplicación

<p>Acceso a bases de datos Direccionamiento IP de las terminales GPS Transferencia de Imágenes Compresión Cualquier otra aplicación tipo "Ráfaga"</p>	<p>Acceso a bases de datos Direccionamiento IP de las terminales GPS Transferencia de Imágenes Compresión Cualquier otra aplicación tipo "Ráfaga"</p>
--	--

7.10. SERVICIOS DE GESTIÓN

<p>Sistema de Gestión bajo el modelo "FCAPS":</p> <p>Fault Management Configuration Management Accounting Performance Management Security Management</p> <p>Sistemas de Gestión bajo el protocolo SNMP.</p> <p>La interfaz SNMP permite la visualización en un único punto de los diferentes elementos de la red:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Servidores Centrales de despacho, Datos y Voz, inclusive aquellos que indirectamente intervengan en el sistema * Ruteadores. * Redes de transporte. * Sitios Repetidores. 	<p>Sistema de Gestión bajo el modelo "FCAPS":</p> <p>Fault Management Configuration Management Accounting Performance Management Security Management</p> <p>Sistemas de Gestión bajo el protocolo SNMP.</p> <p>La interfaz SNMP permite la visualización en un único punto de los diferentes elementos de la red:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Servidores Centrales de despacho, Datos y Voz, inclusive aquellos que indirectamente intervengan en el sistema. * Ruteadores. * Redes de transporte. * Sitios Repetidores.
--	---

Actualmente ambas están surgiendo como plataformas alternativas para la implementación de sistemas de radiocomunicación digital. Ambas tecnologías ofrecen servicios similares de comunicación, sin embargo presentan diferencias, entre las principales tenemos:

- Cobertura (TDMA vs FDMA)
- Eficiencia de Capacidad y Frecuencias (TDMA vs FDMA)
- Capacidades (Características y Desempeño)
- Costo

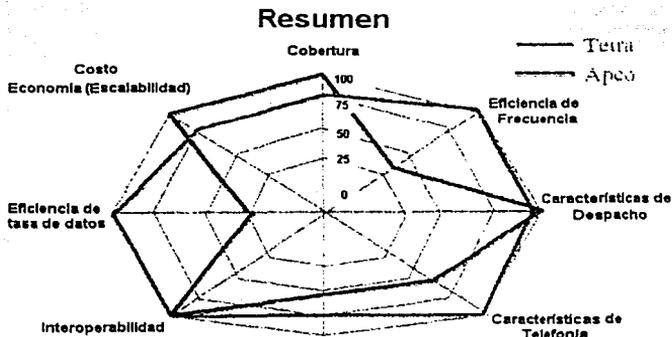
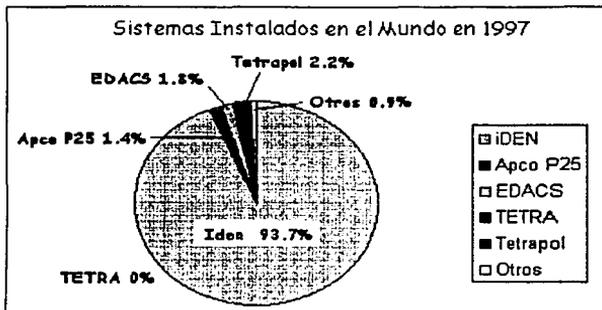


Figura 7.2 Comparación de TETRA con Proyecto APCO 25

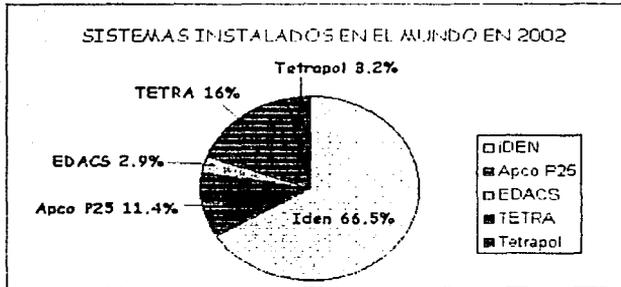
7.11. ESTADO DE IMPLANTACIÓN DE ELLOS ALREDEDOR DEL MUNDO Y PERSPECTIVAS FUTURAS.

Conforme aumentan las necesidades a satisfacer en los sistemas de radio móvil, aumenta la necesidad de la creación de nuevos y mejores sistemas, con ello quedando en la obsolescencia aquellos que ya no satisfacen las necesidades requeridas y emigrando a aquellos que presentan un mejor panorama para el futuro. A continuación se presenta como cambia gradualmente la implementación de determinados sistemas



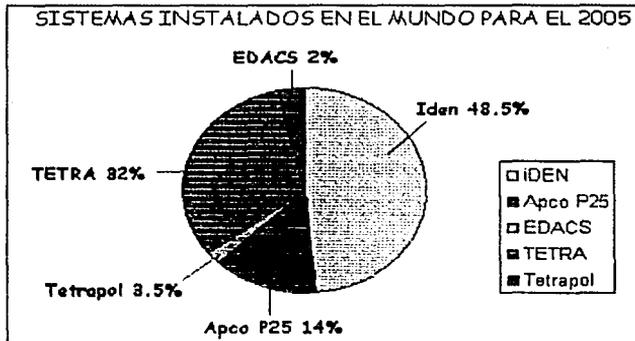
Como se observa en la figura anterior Iden es el sistema dominante en el mundo, el papel de los dos sistemas de nuestro interés es el siguiente, por un lado el Proyecto 25 de APCO presenta apenas un 1.4%

de los sistemas instalados y, TETRA en 1997 no figuraba pues presenta un 0%. A continuación se presenta la proporción de los sistemas instalados en la actualidad.



Comparando la gráfica del año 2002 con la anterior se observa la notorio aparición de TETRA, presentando un 16% y un aumento considerable, pero menor, en la proporción de sistemas implantados de proyecto APCO 25, además de la reducción de una tercera parte de Iden.

Finalmente se presenta una estimación de los sistemas que serán instalados a nivel mundial para el 2005.



TETRA es un sistema trunking digital desarrollado en Europa utilizando canales de 25 kHz, el cual puede manejar 4 usuarios al mismo tiempo, ya que utiliza tecnología TDMA. Permite encriptación de principio a fin, velocidades de 28.8 kbps, este es un sistema ABIERTO. Es un sistema aprobado por el ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

Aún cuando TETRA ha sido desarrollado para servicio público y privado, actualmente TETRA está siendo considerado para su uso en los Estados Unidos por los cuerpos de seguridad pública, como alternativa del Proyecto 25 de APCO debido a que el precio de los equipos de TETRA representa casi el 50% de los precios de los equipos validados para el proyecto 25, esto ha causado que algunos expertos de comunicaciones de Seguridad Pública declaren el estándar troncal del Proyecto 25, financieramente, fuera de su alcance, excepto para las grandes ciudades y agencias del Estado.

Por otro lado, Proyecto APCO 25 (P25), es una iniciativa surgida en 1989 para el desarrollo de estándares de radio digital para la seguridad pública, que está en la etapa de desarrollo, apenas está finalizando la fase I, que es lo referente al sistema troncal, por lo tanto se sigue perdiendo terreno en la carrera contra TETRA. Es importante recordar que existen actualmente las tecnologías analógicas que tienen muchas ventajas y muchos años de servicio y que son complementos de las tecnologías digitales. El mercado troncal del proyecto 25, no tiene las características y potencial del mercado convencional. Al escribirse estas notas, no existe un sistema troncal del proyecto 25 competente en el aire. El estándar troncal del proyecto 25 tiene un solo proveedor - Motorola -.

Los otros diseñadores de radios para seguridad pública del proyecto 16, Ericsson y EF Johnson no producen equipo troncal del proyecto 25. Ericsson continúa mejorando sus productos del sistema EDACS. EF Johnson junto con otros fabricantes de la fase I del proyecto están enfocados en el mercado convencional. Si más compañías deciden apoyar el sistema troncal del proyecto 25 sus contribuciones serán probablemente en la fabricación de radios portátiles y móviles únicamente.

Esta situación significa que los clientes o usuarios de la parte troncal del proyecto 25 no tienen opción en la compra de equipo. Es improbable que más de uno o dos compañías desarrollen y produzcan una infraestructura de competencia y si lo llegaron a realizar, lo anterior estaría disponible hasta dentro de 2 ó 3 años. Los niveles de precios han causado que expertos en comunicaciones de seguridad pública declaren que el estándar troncal del proyecto 25 está financieramente fuera del alcance para las grandes ciudades y agencias estatales. Miles de pequeñas agencias están, por lo tanto, fuera de una solución troncal digital.

Aproximadamente al mismo tiempo del desarrollo del proyecto 25 el estándar de radio troncal digital europeo llamado TETRA (Terrestrial trunked radio) fue propuesto, desarrollado y puesto en marcha con metas similares al proyecto 25. TETRA fue desarrollado por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) Finlandia, Alemania, Holanda, Noruega y el Reino Unido han realizado y completado pruebas de campo de los sistemas. De acuerdo a la información presentada en el primer congreso mundial de TETRA el pasado Noviembre en Berlín, más de 32 contratos, abarcando más de 150,000 terminales y 2000 sitios de sistemas TETRA han sido instalados.

Fuera de Europa, contratos para sistemas TETRA han sido adjudicados en Singapur, Japón y Nueva Zelanda. TETRA fue desarrollado a través de un grupo de usuarios de seguridad pública, operadores comerciales de radio y ETSI. Los fabricantes de radios incluyen a Marconi, Motorola, Nokia, Rhede & Schwartz y Simoco (inicialmente Philips). TETRA fue originalmente pensado para el mercado europeo solamente. Sin embargo en los últimos años, su uso se ha esparcido a otras regiones para algunas aplicaciones independientes de la seguridad pública. Los productos TETRA son manufacturados para la banda europea de UHF, y en 6 o 9 meses, serán disponibles para canales de 800 MHz en 25 MHz de acuerdo a las especificaciones de la FCC. Los sistemas troncales de TETRA y del proyecto 25 proveen los mismos servicios, pero TETRA tiene ventajas en un número de áreas.

En comparación TETRA es más eficiente espectralmente, ofrece una velocidad de datos más alta y establece un verdadero ambiente competitivo a menos de la mitad del costo de la fase I del proyecto 25.

Por ejemplo, el estado de Minnesota tiene planeada la instalación de un sistema para las agencias de seguridad pública en el área metropolitana de las ciudades gemelas (Minneapolis - St. Paul) y potencialmente extenderlo a todo el estado. Este sistema puede ser adquirido únicamente a través de Motorola a un costo dos veces superior con relación al sistema TETRA. Sin embargo, el estado de Minnesota ha tomado la posibilidad de instalar un sistema de cobertura estatal con TETRA y un nuevo estadio de béisbol para los Twins por el mismo precio del sistema troncal del proyecto 25. Además, virtualmente todas las agencias públicas de Minnesota se inclinan por la solución TETRA, finalmente, por el mercado competitivo, se beneficiaría tanto el estado como el sistema.

Los dirigentes del proyecto 25 se hallan en el proceso de desarrollo de la fase troncal 2. La meta es incrementar la eficiencia espectral de banda angosta. Este esfuerzo tal vez dentro de 5 años crearía un protocolo que espectralmente fuera tan eficiente como el TETRA actual. Además, la fase 2 del sistema troncal del proyecto 25 no solucionará los problemas de la competencia de mercado ya que estaría fuertemente influido por la fase 1 del proyecto 25. El sistema troncal del proyecto 25 tiene una sola fuente, Motorola y pocas empresas con recursos para producir productos competitivos. Esta condición no mejorará los nuevos requerimientos adicionales y una nueva dificultad. La solución es simple. La dirigencia del comité del proyecto 25 aceptará a TETRA como la segunda fase del proyecto, integrando nuevos elementos al sistema y realizando modificaciones de acuerdo a los intereses americanos. Esto, proporcionaría una solución instantánea para lo que originalmente fue creado el proyecto 25; un estándar mundialmente competitivo. La adopción de TETRA como la fase 2 debe permitir a todas las agencias públicas de seguridad pública no solamente en las grandes áreas metropolitanas, adquirir la mejor tecnología para servir y proteger a sus ciudadanos.

En adición a los estándares recomendados es necesario que cada uno evalúe sus propias necesidades de sistema para el futuro. Por la especificación y compra de radios y sistemas que sean totalmente productivos, de esta manera usted ayudará a obtener los mayores beneficios y podrá cubrir sus necesidades de distintos fabricantes que pueden responder con la tecnología digital para satisfacer sus necesidades ahora y en el futuro.

Capítulo VIII. CONCLUSIONES

En general se puede decir que los resultados esperados para este trabajo se cumplen satisfactoriamente, pues el objetivo primordial era llevar a cabo un análisis detallado y a la vez comparativo entre los estándares de los dos principales Sistemas Abiertos de Radio Troncalizado Digitales. Dentro de este trabajo están plasmadas únicamente las bases elementales de cada uno de los sistemas. Como se puede observar existe una gran cantidad de sistemas y tecnologías a emplear en la implementación de un sistema troncalizado, sin embargo existen muchos puntos a considerar, todos y cada uno de ellos nos brindarán la ayuda para llevar a cabo la elección de uno de ellos.

Con la realización de este trabajo se observa que actualmente hay varios sistemas para el sector de los sistemas de Radio Móvil Privado, y que también los sistemas propietarios son los que dominan la mayor parte de los sistemas dentro del mercado, pero también se recalca la gran desventaja que estos presentan respecto a los sistemas basados en normas abiertas, pues el equipo y la infraestructura de los sistemas propietarios no es compatible y por ende no puede ser utilizado con equipos de otro sistema, lo cual representa una desventaja considerable, pues al implantar un sistema de norma abierta posteriormente para la actualización o expansión de la red (la cual muchas veces no es planeada de una forma adecuada), resultará mucho más sencilla y simple de lo que resultaría hoy en día con los sistemas actuales, pues en el caso de que un sistema propietario no pudiera cumplir con todas las necesidades requeridas por un usuario, se tendría que reemplazar completamente todo el sistema, para llevar a cabo la implantación de uno nuevo que sí las satisfaga.

Más aun con los sistemas abiertos uno podrá elegir equipo ya no de un solo proveedor o compañía, sino que se tendrá la oportunidad de comparar el equipo de varios proveedores. Por consiguiente los precios del equipo tendrán que reducirse paulatinamente y de la misma forma la calidad y nuevas tecnologías en los equipos ofrecidos tendrá que ir aumentando, si es que los proveedores quieren mantenerse en la competencia dentro del mercado.

Tal vez TETRA presente ventajas mayores respecto a APCO 25, las cuales pueden ser en el ámbito de servicios, mejor estructura de red, mayor funcionalidad, etc. A pesar de este sería imprudente generalizar y decir que un sistema es mucho mejor que otro, los que se tiene que hacer es realizar un análisis exhaustivo de nuestros requerimientos y compararlos con los que cada sistema presente particularmente, es decir, si únicamente requerimos de un sistema para la transmisión de mensajes de voz no es necesario implantar un sistema como el de la norma TETRA o APCO 25, los cuales ofrecen una gran cantidad y diversidad de servicios, estarían demasiado sobrado en cuanto al uso que le daríamos y estaríamos desperdiciando la mayor parte de su utilidad del sistema, pues tal vez esto los cubriríamos de una forma más favorable con un sistema analógico y el gasto se reduciría considerablemente. Entre los posibles sistemas mejor adecuados a nuestras necesidades el factor principal que se debe tomar en cuenta será el económico.

APÉNDICE A

Diario Oficial de la Federación, Miércoles 6 de febrero de 2002

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-084-SCT1-2001, Telecomunicaciones-Radiocomunicación-Especificaciones técnicas de los equipos transmisores destinados al servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-084-SCT1-2001, TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACION-ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES DESTINADOS AL SERVICIO MOVIL DE RADIOCOMUNICACION ESPECIALIZADA DE FLOTILLAS

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, con fundamento en los artículos 36 fracción XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 3 y 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 7 fracción III de la Ley Federal de Telecomunicaciones; 1, 38 fracción II, 40 fracciones XIII y XVI, 46 y 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 37 bis fracciones I y XXVIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; segundo fracción I del Decreto por el que se crea la Comisión Federal de Telecomunicaciones; y por Resolución número P/270201/30 de fecha 27 de febrero de 2001, el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones expide el siguiente Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-084-SCT1-2001, Telecomunicaciones-Radiocomunicación-Especificaciones Técnicas de los Equipos Transmisores Destinados al Servicio Móvil de Radiocomunicación Especializada de Flotillas. De conformidad con lo dispuesto por los artículos 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y 33 del Reglamento de dicha ley, el Proyecto PROY-NOM-084-SCT1-2001 se expide para consulta pública a efecto de que dentro de los siguientes 60 días naturales los interesados presenten sus comentarios al mismo ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Telecomunicaciones, tales comentarios deben ser remitidos a la Secretaría Técnica del Comité, sita en avenida de las Telecomunicaciones sin número, Edificio de Ingeniería y Tecnología, segundo piso, colonia Leyes de Reforma 2a Sección, Iztapalapa, México, Distrito Federal 09310, teléfono y fax 5613 28 74, correo electrónico: ropete@cft.gob.mx

Los comentarios que los interesados presenten respecto al Proyecto de NOM deberán cumplir con lo establecido en las fracciones I, II y III del artículo 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 14 de enero de 1999)

Durante el lapso de 60 días mencionado, la manifestación de impacto regulatorio a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización podrá ser consultada gratuitamente en la Secretaría Técnica del Comité, ubicada en el domicilio arriba mencionado.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 26 de noviembre de 2001.- El Presidente de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, **Jorge Arredondo Martínez**.- Rúbrica.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-084-SCT1-2001, TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACION-ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES DESTINADOS AL SERVICIO MOVIL DE RADIOCOMUNICACION ESPECIALIZADA DE FLOTILLAS.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron los siguientes organismos e instituciones:

Asociación Mexicana de Concesionarios Operadores de Trunking, A.C. (AMCOT)
 Asociación Nacional de Distribuidores de Equipos y Accesorios de Radiocomunicación, A.C. (ANDEAR)
 Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones e Informática (CANIETI)
 Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas (CIME)
 Comisión Federal de Electricidad
 Comisión Federal de Telecomunicaciones
 Ericsson Telecom, S.A.
 Inframovil, S.A. de C.V.
 Matra Communications, S.A. de C.V.
 Motorola de México, S.A.
 Nokia Telecommunications
 Normalización y Certificación Electrónica, A.C. (NYCE)
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes-Dirección General de Política de Telecomunicaciones
 Servicio Pan Americano de Protección, S.A. de C.V.
 Teléfonos de México, S.A. de C.V.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba a que deben sujetarse los equipos para el servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas.

2. Definiciones

Para los efectos de la presente Norma se establecen las siguientes definiciones:

2.1 Ancho de banda

Expresión usada para designar una gama de frecuencias en un cierto intervalo entre dos frecuencias extremas f_1 y f_2 , las cuales tienen una atenuación de 3 dB abajo del nivel promedio de la banda.

2.2 Ancho de banda necesaria

Para una cierta clase de emisión, el ancho de la banda de frecuencias que es apenas suficiente para garantizar la transmisión de información a la velocidad requerida bajo condiciones específicas.

2.3 Atribución de bandas de frecuencias

Inscripción en el Cuadro de Atribución de Frecuencias de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada para uno a varios servicios de radiocomunicación terrenal o por satélite o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas.

2.4 Canal

Es un medio de transmisión unidireccional de señales entre dos puntos, por línea física, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

2.5 Circuito

Combinación de dos canales que permite la transmisión bidireccional de señales entre dos puntos. En una Red de Telecomunicaciones el término "Circuito" está limitado generalmente a un circuito de telecomunicaciones que conecta directamente dos equipos o centrales de conmutación, junto con los equipos terminales asociados.

2.6 Clase de emisión

Conjunto de características de una emisión, a saber: tipo de modulación de la portadora principal, naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se va a transmitir, así como también, en su caso, cualesquiera otras características; cada clase se designa mediante un conjunto de símbolos normalizados.

2.7 Emisión

Radiación producida, o producción de radiación por una estación transmisora radioeléctrica.

2.8 Emisiones no esenciales (espurias)

Radiaciones no esenciales a una frecuencia o frecuencias remotas a la frecuencia fundamental.

2.9 Espectro radioeléctrico

Medio o espacio por donde se propagan las ondas radioeléctricas

2.10 Frecuencia central

La frecuencia promedio de la onda radiada cuando se modula con una señal senoidal o la frecuencia de la onda radiada, en ausencia de modulación.

2.11 Potencia nominal

La potencia de radiofrecuencia normal de salida que es capaz de proporcionar un transmisor bajo condiciones óptimas de ajuste y operación especificadas por el fabricante.

2.12 Radiocomunicación

Toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas.

2.13 Servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas

Consiste en el servicio de radiocomunicación de voz y datos a grupos de usuarios determinados, utilizando la tecnología de frecuencias de portadoras compartidas.

2.14 Telecomunicaciones

Toda transmisión, emisión y/o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por línea física conductora eléctrica, radioelectricidad, medios ópticos y otros sistemas electromagnéticos

3. Símbolos y abreviaturas

Los símbolos y abreviaturas empleadas en esta Norma tienen el siguiente significado

Símbolos	Significado	Símbolos	Significado	Símbolos	Significado
Hz	Hertz	V	Volt	dB	Decibel
kHz	Kilohertz	W	Watt	dBc	Decibeles referidos a la portadora
MHz	Megahertz	kW	Kilowatt	ppm	Partes por millón

4. Especificaciones

4.1 Bandas de frecuencias atribuidas

La atribución de bandas para los equipos utilizados en el servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas son las que se muestran a continuación y sus valores se verifican de acuerdo a lo establecido en 5.2:

4.1.1 Bandas de 896 MHz-901 MHz/935 MHz-940 MHz

4.1.1.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
150 Watts	35 Watts	3 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1

4.1.1.2 Clase de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser las establecidas en la tabla 2

TABLA 2.- Clase de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil	Base/Repetidor	Móvil	Portátil
20K0	20K0	20K0	13K6	13K6	13K6
17K6	17K6	17K6	13K0	13K0	13K0
17K4	17K4	17K4	12K5	12K5	12K5
16K8	16K8	16K8	11K6	11K6	11K6
16K3	16K3	16K3	11K0	11K0	11K0
16K0	16K0	16K0	10K0	10K0	10K0
15K6	15K6	15K6	9K80	9K80	9K80
15K0	15K0	15K0	8K10	8K10	8K10
14K0	14K0	14K0	8K60	8K60	8K60

4.1.1.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 3.

TABLA 3.- Estabilidad de frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
5 ppm	5 ppm	5 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.1.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 4.

TABLA 4.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-60 dBc	-60 dBc	-40 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4

4.1.1.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 5.

TABLA 5.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25 kHz/12,5 kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.2 Bandas de 821 MHz-824 MHz/866 MHz-869 MHz.

4.1.2.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 6.

TABLA 6.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
150 Watts	35 Watts	3 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo a lo establecido en 5.1

4.1.2.2 Clase de emisión

La clase de emisión debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 7.

TABLA 7.- Clase de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil	Base/Repetidor	Móvil	Portátil
20K0	20K0	20K0	13K6	13K6	13K6
17K6	17K6	17K6	13K0	13K0	13K0
17K4	17K4	17K4	12K5	12K5	12K5
16K8	16K8	16K8	11K6	11K6	11K6
16K3	16K3	16K3	11K0	11K0	11K0
16K0	16K0	16K0	10K4	10K4	10K4
15K0	15K0	15K0	10K0	10K0	10K0
15K6	15K6	15K6	9K80	9K80	9K80
14K0	14K0	14K0	8K10	8K10	8K10

4.1.2.3 Estabilidad en frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 8.

TABLA 8.- Estabilidad en frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
1,5 ppm	2,5 ppm	5 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.2.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 9.

TABLA 9.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-60 dBc	-60 dBc	-40 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4

4.1.2.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 10.

TABLA 10.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25 kHz/12,5 kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.3 Bandas de 806 MHz-821 MHz/851 MHz-866 MHz

4.1.3.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 11.

TABLA 11.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
150 Watts	35 Watts	3 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1.

4.1.3.2 Clase de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 12.

TABLA 12.- Clase de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil	Base/Repetidor	Móvil	Portátil
20K0	20K0	20K0	13K6	13K6	13K6
17K6	17K6	17K6	13K0	13K0	13K0
17K4	17K4	17K4	12K5	12K5	12K5
16K8	16K8	16K8	11K6	11K6	11K6
16K3	16K3	16K3	11K0	11K0	11K0
16K0	16K0	16K0	10K4	10K4	10K4
15K0	15K0	15K0	10K0	10K0	10K0
15K6	15K6	15K6	9K80	9K80	9K80
14K0	14K0	14K0	8K10	8K10	8K10

4.1.3.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 13.

TABLA 13. - Estabilidad en frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
1,5 ppm	2,5 ppm	5 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.3.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 14.

TABLA 14.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-60 dBc	-60 dBc	-40 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4.

4.1.3.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 15.

TABLA 15.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.4 Bandas de 475 MHz-476.2 MHz/494,6 MHz-495,8 MHz

4.1.4.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla.

TABLA 16.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
110 Watts	110 Watts	5 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1.

4.1.4.2 Clases de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser las establecidas en la tabla 17.

TABLA 17.- Clases de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil	Base/Repetidor	Móvil	Portátil
20K0	20K0	20K0	14K0	14K0	14K0
18K0	18K0	18K0	13K6	13K6	13K6
17K6	17K6	17K6	12K5	12K5	12K5
16K8	16K8	16K8	11K0	11K0	11K0
16K3	16K3	16K3	10K0	10K0	10K0
16K0	16K0	16K0	8K10	8K10	8K10
15K0	15K0	15K0	8K60	8K60	8K60

4.1.4.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 18.

TABLA 18.- Estabilidad en frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
5 ppm	5 ppm	5 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.4.4 Emisiones no esenciales:

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 19.

TABLA 19.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-60 dBc	-60 dBc	-43 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4.

4.1.4.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 20.

TABLA 20. - Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.5 Bandas de 431,3 MHz-433 MHz/438,3 MHz-40 MHz

4.1.5.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 21.

TABLA 21.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
110 Watts	110 Watts	5 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1.

4.1.5.2 Clases de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser las establecidas en la tabla 22.

TABLA 22.- Clases de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil	Base/Repetidor	Móvil	Portátil
20K0	20K0	20K0	14K0	14K0	14K0
18K0	18K0	18K0	13K6	13K6	13K6
17K6	17K6	17K6	13K0	13K0	13K0
16K8	16K8	16K8	12K5	12K5	12K5
16K3	16K3	16K3	11K0	11K0	11K0
16K0	16K0	16K0	10K0	10K0	10K0
15K0	15K0	15K0	8K10	8K10	8K10

4.1.5.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 23.

TABLA 23.- Estabilidad en frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
5 ppm	5 ppm	5 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.5.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas, deben ser las que se muestran en la tabla 24.

TABLA 24.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-60 dBc	-60 dBc	-43 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4.

4.1.5.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 25

TABLA 25.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.6 Bandas de 380 MHz-390 MHz/390 MHz-400 MHz

4.1.6.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 26.

TABLA 26.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
110 Watts	40 Watts	5 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1.

4.1.6.2 Clase de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser las que se establece en la tabla 27.

TABLA 27.- Clase de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
18K0	18K0	18K0

4.1.6.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 28.

TABLA 28.- Estabilidad en frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
2 ppm	2 ppm	2 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.6.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 29.

TABLA 29.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-85 dBc	-36 dBc	-36 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4

4.1.6.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 30.

TABLA 30.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
25 kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5 kHz	25kHz/12,5kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

4.1.7 Bandas de 220 MHz-221 MHz/221 MHz-222 MHz

4.1.7.1 Potencia máxima de salida

La potencia máxima de salida de los equipos transmisores debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 31.

TABLA 31.- Potencia máxima de salida

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
110 Watts	40 Watts	6 Watts

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.1.

4.1.7.2 Clase de emisión

Las clases de emisión permitidas deben ser las que se establece en la tabla 32.

TABLA 32.- Clase de emisión

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
4K00	4K00	4K00

4.1.7.3 Estabilidad de frecuencia

La estabilidad en frecuencia debe cumplir con lo establecido en la tabla 33.

TABLA 33.- Estabilidad de frecuencia

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
1 ppm	1 ppm	1 ppm

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.3.

4.1.7.4 Emisiones no esenciales

Las emisiones no esenciales máximas permitidas deben ser las que se muestran en la tabla 34.

TABLA 34.- Emisiones no esenciales

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
-80 dBc	-60 dBc	-60 dBc

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.4.

4.1.7.5 Ancho de banda del canal

Los anchos de banda máximo permitidos deben ser los que se muestran en la tabla 35.

TABLA 35.- Ancho de banda del canal

Base/Repetidor	Móvil	Portátil
4 kHz	4 kHz	4 kHz

Los valores de la tabla anterior se verifican de acuerdo con lo establecido en 5.5.

5. Métodos de prueba

Las mediciones se deben efectuar en condiciones de operación normalizadas, las cuales se describen a continuación.

Condiciones normalizadas

Condiciones atmosféricas normales para las mediciones y las pruebas. El intervalo normalizado de las condiciones atmosféricas para la ejecución de mediciones y pruebas es la señalada en la tabla 36.

Si la especificación particular admite que es imposible efectuar mediciones en las condiciones atmosféricas normalizadas debe añadirse una nota al informe de prueba, con las condiciones reales de medición.

TABLA 36.- Condiciones atmosféricas normales para las mediciones y las pruebas

Temperatura ¹⁾	Humedad relativa ¹⁾	Presión atmosférica ¹⁾
De 15°C a 35°C	De 25% a 75%	De 86 kPa a 106kPa (de 860 mbar a 1 060 mbar)
Notas: 1) Conviene reducir al mínimo las variaciones de temperatura y humedad durante una serie de mediciones llevadas a cabo como parte de una prueba sobre un solo espécimen. 2) Para especímenes de grandes dimensiones o en el caso de cámaras de prueba donde es difícil mantener la temperatura en los límites especificados anteriormente, el intervalo de temperatura puede ser extendido más allá de estos límites: Por abajo hasta 10°C y por arriba hasta 40°C cuando la especificación particular lo permita. 1) Incluye los valores extremos		

5.1 Medición de potencia de salida del transmisor

5.1.1 Equipo

El equipo de medición debe tener una precisión de $\pm 0,3$ dB.

- Analizador de equipo de radiocomunicación o equipo similar.
- Wáttmetro

- Atenuador o equipo similar
- Cables y conectores

5.1.2 Procedimiento

Las mediciones se deben efectuar en condiciones de operación normalizadas.

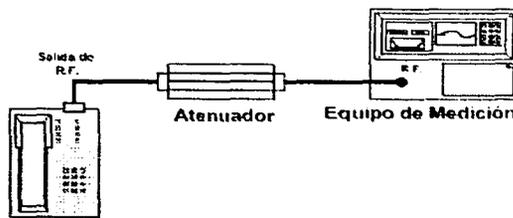
a) A la salida del transmisor se conecta el equipo de medición con un atenuador adecuado como se muestra en la fig. 1.

b) Se habilita el sistema para transmitir con la señal portadora sin modular.

c) Se busca el pico máximo en la gráfica del analizador y se toma la lectura correspondiente.

d) Para el cálculo de la potencia del transmisor se consideran las atenuaciones en los cables y en el atenuador.

f) Para equipos digitales es necesario inyectar una trama digital que en algunos equipos se genera en el mismo y en otros se tiene que inyectar por medio de un generador. La unidad bajo prueba se modula con esta señal de información de bits pseudo-aleatorio. La potencia del transmisor debe ser medida con el transmisor conectado a una carga y a una frecuencia intermedia dentro del intervalo de operación del transmisor. El impulso de potencia media debe ser medido por más de 100 impulsos consecutivos o por un periodo de tiempo de al menos 5 minutos.



Transmisor
FIGURA 1.- Medición de la potencia de salida del transmisor

5.1.3 Resultados

La potencia nominal del transmisor del sistema no debe ser mayor a lo establecido en 4.1.1.1, 4.1.2.1, 4.1.3.1, 4.1.4.1, 4.1.5.1, 4.1.6.1, 4.1.7.1, dependiendo de la banda en que opera el equipo a medir.

5.2 Medición de la frecuencia central de operación del transmisor.

5.2.1 Equipo

La precisión del equipo debe ser como mínimo de 4 ppm.

- Analizador de equipo de radiocomunicación o equipo similar
- Carga resistiva
- Atenuador o equipo similar
- Cables y conectores

5.2.2 Procedimiento

Las mediciones deben efectuarse bajo condiciones de operación normalizadas.

- a) A la salida del transmisor se conecta el equipo de medición con un atenuador adecuado como se muestra en la fig. 1.
- b) Se habilita el sistema para transmitir con la señal portadora sin modular.
- c) Se congela la imagen del equipo de medición y se busca el pico máximo en la gráfica del analizador y se toma la lectura correspondiente en frecuencia.

5.2.3 Resultados

La frecuencia de operación del transmisor del sistema debe cumplir con lo establecido en 4.1, dependiendo de la banda en que opera el equipo a medir.

5.3 Medición de la estabilidad de la frecuencia portadora.

5.3.1 Equipo

La precisión del equipo debe ser como mínimo 4 ppm.

- Analizador de equipo de radiocomunicación o equipo similar
- Carga resistiva
- Atenuador o equipo similar
- Cables y conectores

5.3.2 Procedimiento

Las mediciones deben efectuarse bajo condiciones de operación normalizadas.

- a) El equipo de medición y el transmisor debe estar por lo menos 30 minutos encendidos antes de la medición
- b) A la salida del transmisor se conecta el equipo de medición con un atenuador adecuado como se muestra en la fig. 1.
- c) El equipo de medición es puesto en retención de imagen con un intervalo de frecuencias apropiado para ver las variaciones de frecuencia.
- d) Se efectúan transmisiones de la portadora sin modular cada 30 minutos por un periodo de 7 horas al término de la cual se hace la diferencia entre la señal de más baja frecuencia y la máxima frecuencia registrada en la gráfica del analizador.

5.3.3 Resultados

La estabilidad de frecuencia del transmisor del sistema debe cumplir con lo establecido en 4.1.1.3, 4.1.2.3, 4.1.3.3, 4.1.4.3, 4.1.5.3, 4.1.6.3, 4.1.7.3, dependiendo de la banda en que opera el equipo a medir.

5.4 Medición de emisiones no esenciales.

5.4.1 Equipo

La precisión del equipo debe ser como mínimo de 4 ppm.

- Analizador de equipo de radiocomunicación o equipo similar
- Carga resistiva
- Atenuador o equipo similar
- Cables y conectores

5.4.2 Procedimiento

Las mediciones deben efectuarse bajo condiciones de operación normalizadas.

- a) A la salida del transmisor se conecta el equipo de medición con un atenuador adecuado y un generador en la entrada de audio como se muestra en la fig. 2.

- b) Se habilita el equipo transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca ± 5 kHz de desviación en los equipos cuyo ancho de banda es de 25 kHz. Para el caso de equipos cuyo ancho de banda es de 12.5 kHz se habilita el equipo transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz y un nivel que produzca + 2,5 kHz de desviación. Para el caso de equipos que trabajan con modulaciones de A.M. se habilita el transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca un porcentaje de modulación del 80%. Para equipos digitales es necesario generar una trama digital que en algunos equipos se genera en el mismo y en otros se tiene que inyectar por medio de un generador.
- c) El equipo de medición es establecido en una frecuencia inicial igual a la frecuencia central de operación del equipo de transmisión entre dos ($F_c/2$), y la frecuencia final debe ser al menos igual a la frecuencia central del equipo de transmisión por dos ($2F_c$)
- d) Se revisa todo el intervalo de frecuencias antes establecido para encontrar señales no esenciales.
- e) Se toma nota de las señales encontradas y posteriormente se toma la frecuencia y la potencia de cada una de ellas con un intervalo de frecuencias más adecuado para la mayor precisión de los valores.
- f) Para los cálculos finales, se toma en cuenta la atenuación de los cables utilizados y del mismo atenuador.

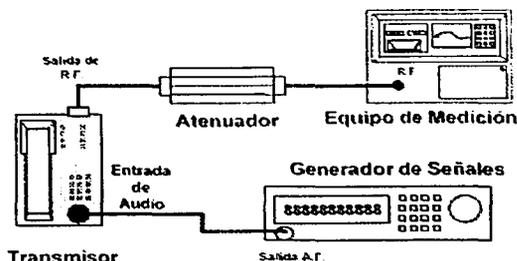


FIGURA 2.- Medición de emisiones no esenciales

5.4.3 Resultados

Las emisiones no esenciales del transmisor del sistema deben cumplir con lo establecido en 4.1.1.4, 4.1.2.4, 4.1.3.4, 4.1.4.4, 4.1.5.4, 4.1.6.4, 4.1.7.4, dependiendo de la banda en que opera el equipo a medir.

5.5 Medición del ancho de banda.

5.5.1 Equipo

La precisión del equipo debe ser como mínimo de 4 ppm.

- Analizador de equipo de radiocomunicación o equipo similar

- Carga resistiva
- Atenuador o equipo similar
- Cables y conectores

5.5.2 Procedimiento

Las mediciones deben efectuarse bajo condiciones de operación normalizadas.

- a) A la salida del transmisor se conecta el equipo de medición con un atenuador adecuado y un generador en la entrada de audio como se muestra en la fig. 2.
- b) Se habilita el equipo transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca ± 5 kHz de desviación para equipos que tienen un ancho de banda de 25 kHz. Para el caso de equipos cuyo ancho de banda es de 12,5 kHz se habilita el equipo transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca $\pm 2,5$ kHz de desviación. Para el caso de equipos cuyo ancho de banda es de 5 kHz se habilita el equipo transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca ± 1 kHz de desviación. Para el caso de equipos que trabajan con modulaciones de A.M. se habilita el transmisor con una señal modulada con un tono de 1000 Hz a un nivel que produzca un porcentaje de modulación del 80%. Para equipos digitales es necesario generar una trama digital que en algunos equipos se genera en el mismo y en otros se tiene que inyectar por medio de un generador.
- c) El equipo de medición es establecido con un barrido de frecuencias de 50 kHz y retención de imagen.
- d) Se busca el pico máximo de la señal presente en la imagen, con el cursor del analizador, se busca una frecuencia menor a la que la señal tenga una caída de 3 dB y se anota esta frecuencia, se hace el mismo procedimiento para una frecuencia mayor a la frecuencia central donde la señal caiga 3 dB y se toma nota de esta frecuencia.
- e) Se hace la diferencia de la frecuencia máxima menos la frecuencia mínima y se obtiene el ancho de banda.

5.5.3 Resultados

El ancho de banda del transmisor del sistema debe cumplir con lo establecido en 4.1.1.5, 4.1.2.5, 4.1.3.5, 4.1.4.5, 4.1.5.5, 4.1.6.5, 4.1.7.5, dependiendo de la banda en que opera el equipo a medir.

6. Bibliografía

- a) Reglamento de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 29 de octubre de 1990
- b) Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, enero 11, 1999.
- c) NOM-008-SCFI-1993, Sistema General de Unidades de Medida. 14 de octubre de 1993.
- d) Reglamento de Radiocomunicación. Volumen 1S. UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones. Edición 1990 Revisión en 1994. Ginebra, Suiza 1994. ISBN 92-61-05173-1.
- e) Ley Federal Sobre Metrología y Normalización. **Diario Oficial de la Federación**. 20 de mayo de 1997. Estados Unidos Mexicanos
- f) Regulaciones Técnicas de la Comisión Federal de Comunicaciones, por sus siglas "FCC" (Technical Regulations of Federal Communications Committee), libro 47 CFR parte 90 edición 1998 de Estados Unidos de Norteamérica
- g) NMX-I-007/1-1997-NYCE, Equipos y Componentes Electrónicos-Métodos de Pruebas Ambientales y de Durabilidad-Parte 1. Generalidades y Guía.

7. Concordancia con normas internacionales

Al momento de la elaboración de la presente Norma no existe concordancia con alguna norma internacional vigente, por no existir ninguna sobre el tema tratado.

8. Evaluación de la conformidad y vigilancia del cumplimiento

La evaluación de la conformidad debe ser realizada por personas acreditadas y aprobadas en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Comisión Federal de Telecomunicaciones será la encargada de vigilar el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana.

APÉNDICE B: VOCODERS

La comunicación eficiente de las señales de voz ha sido una necesidad creciente desde hace ya muchos años, en particular, la telefonía en sus distintas manifestaciones satelital, móvil, convencional y más recientemente con la comunicación de voz a través de Internet. En todos estos sistemas de comunicación modernos el tratamiento de la señal de voz para su adecuada transmisión con un mínimo uso de los recursos del sistema, tales como canales telefónicos, ancho de banda de radio frecuencia, ranuras de tiempo, etcetera, representa uno de los intereses más grandes de la investigación actual debido a la creciente demanda de servicios con un nivel de calidad específico.

La señal de voz en las aplicaciones más modernas se transmite en forma digital. Esta es la preferida actualmente para los servicios de comunicación punto a punto debido a la versatilidad que ofrece para su manipulación por algoritmos que permitan realizar tareas como la compresión, la redistribución de la energía en el espectro mediante transformaciones, la extracción de parámetros característicos, la protección contra errores del canal y la criptografía. La forma de digitalizar la voz está íntimamente ligada con la compresión de la misma. A partir de la señal continua representada como una función suave del tiempo, se toman muestras de la magnitud a un intervalo regular determinado por el Teorema de Nyquist para su posterior reconstrucción. Dichas muestras pueden tomar un número infinito de valores de magnitud así que ciertos intervalos en la escala se representan con una misma cantidad de manera que exista un número finito de intervalos y la representación se logre con una precisión también finita. Basta entonces con indicarle al receptor en qué región o intervalo se encuentra la magnitud de la muestra para que se proceda a la reconstrucción de la señal. A la forma con que se etiqueta el intervalo se le da el nombre de *codificación*.

Este proceso se conoce como *cuantificación* y a la digitalización completa se le conoce como PCM (Modulación por Codificación de Pulso-*Pulse Code Modulation*). La forma de cuantificar las muestras puede ser uniforme o no uniforme obedeciendo a las estadísticas de la señal. De la explicación anterior es posible comprender por qué una adecuada cuantificación representa compresión. En este contexto, la compresión, para fines prácticos, es una representación abreviada de la señal de voz que permite la comprensión del mensaje por parte del receptor, deseable por ser menos densa que la señal original. La señal de voz completa, por naturaleza, cuenta con patrones repetidos que crean redundancia. Parte de esta redundancia se elimina mediante técnicas de compresión. Posteriormente, es posible introducir redundancia en forma controlada para proteger la información, es decir, conservar su inteligibilidad. El lograr un balance adecuado entre la cantidad de redundancia extraída de la señal original y aquella introducida en forma intencional es el reto planteado en la telefonía actual.

Como resultado de una larga evolución en codificación digital de la voz, que comienza con los algoritmos más básicos derivados de PCM (*Pulse Code Modulation*) trabajando a una tasa de transmisión de 64Kb/s y llega hasta los más modernos como el MELP (*Mixed Excited Linear Prediction*), se han podido lograr compresiones que permiten transmitir voz a 2,400 bps. En otras palabras, la misma señal de voz necesita ahora cerca de una vigésima séptima parte de lo que originalmente necesitaba para ser transmitida manteniendo una calidad telefónica. Esto se debe principalmente a la extracción de parámetros de la señal de la voz tales como el *pitch* o frecuencia fundamental y los LSP o pares espectrales de línea. El *codificador* se define, entonces, como un algoritmo que convierte la señal de la voz en una serie de parámetros extraídos en un proceso de análisis. Posteriormente cuantifica dichos parámetros y forma tramas de transmisión con los índices de los cuantificadores.

La adecuada transmisión de estos parámetros permite cierta calidad en la síntesis de la señal de voz en el receptor gracias a la naturaleza de la señal que consiste en poseer una alta autocorrelación y una cuasi-estacionariedad dentro de tramas menores a 20 ms. Esto significa que los cambios de la señal de voz son lo suficientemente lentos como para poder adaptar el codificador a estos cambios en tiempo real.

Los parámetros del codificador de voz son señales transmitidas en forma de mensajes a través de un medio hostil llamado *canal*. Consideramos al medio como hostil ya que presenta obstáculos para que la señal viaje sin ser modificada. Parte de la energía de la señal se absorbe, se desvía o se dispersa lo cual provoca errores en la detección. El concepto de canal es, sin embargo, más amplio y está definido por el diseñador del sistema de comunicaciones. Puede abarcar varios bloques incluyendo los moduladores o etapas de transformación o codificación de la señal.

En sistemas limitados por el ancho de banda, como lo es el caso de radio móvil, es deseable tener codificaciones robustas que sin introducir redundancia protejan la información contra el ruido del canal. Por ejemplo, los codificadores que emplean modelos predictivos de la señal de voz producen parámetros que varían muy despacio. No se esperan cambios abruptos en la magnitud de los mismos de una trama a la siguiente. Esta información puede ser usada en el receptor para eliminar valores desproporcionados y corregir así algunos errores. Para el oído humano algunas degradaciones de la señal de voz son más molestas que otras. Si se permite una mayor cantidad de ruido en ciertas bandas de frecuencia para poder dedicar mayores recursos a la mitigación de efectos no deseados en otras bandas más sensibles para el oído, se obtendrá una mayor calidad subjetiva. Similarmente, el ancho de banda disponible puede emplearse para proteger los parámetros más susceptibles al ruido del canal y realizar protección estratégica.

Desgraciadamente, las precauciones arriba mencionadas no son suficientes para lograr una transmisión confiable a través de un canal hostil cuando la información ya ha sido comprimida. La codificación de canal se convierte entonces en una herramienta indispensable para la comunicación de voz con calidad telefónica. Dentro de los algoritmos de codificación de canal más exitosos podemos mencionar a los códigos turbo o códigos convolucionales concatenados en paralelo. Estos códigos permiten una transmisión con una probabilidad de error de 10^{-5} (un error en cada 100,000 bits) con una razón señal a ruido menor a un decibelio lo cual significa que la potencia con que transmitimos la señal sólo tiene que ser ligeramente superior a la potencia del ruido para lograr transmisiones libres de errores. Esto quiere decir que existe una solución válida para la protección de la información totalmente independiente de las características estadísticas de la fuente.

Como se puede apreciar, los problemas de diseño de transmisión de la señal de voz tradicionalmente se han resuelto en cascada. En la actualidad, primero se realiza la digitalización de la voz y se procede a su compresión mediante algún CODEC (codificador-decodificador) híbrido que elige los parámetros usando esquemas de análisis por síntesis. Posteriormente, se procede a proteger los parámetros resultantes mediante una estructura convolucional o de bloque para corregir eventuales errores producidos por un canal digital. Para ello, se considera la susceptibilidad de los parámetros y el efecto que pudieran tener los errores en la reconstrucción de la señal. Esto significa que no a todos los parámetros se les añade la misma cantidad de redundancia para su protección. Una vez realizadas estas tareas, el tren de bits resultante se encapsula en tramas y se transmite. Al llegar a este punto la redundancia residual de la señal procesada se pierde porque se forman símbolos agrupando bits según el número de puntos requeridos en la constelación del modulador digital. Las estadísticas de este tren de bits no se consideran para su mapeo al espacio de señal. Este esquema se puede apreciar en la figura B 1.



Figura B.1. Codificación en cascada

Una alternativa interesante a esta estrategia es la de buscar un diseño conjunto de los bloques mencionados, la compresión y la protección a fin de resolver el problema concreto de la transmisión de la señal de voz a través de diferentes medios y para distintas aplicaciones. En esta línea de investigación hemos tenido relativo éxito diseñando soluciones integrales para modelos sencillos de canal enfocando nuestros esfuerzos a la adecuada distribución de la redundancia y empleando en la mayoría de los casos algoritmos iterativos en la búsqueda de parámetros que minimicen el error entre la señal original y la reconstruida tomando en cuenta su transmisión por un canal hostil. El esquema equivalente se muestra en la figura B.2.

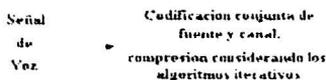


Figura B.2. Codificación conjunta

En esta etapa de la investigación se han resuelto problemas relacionados con el uso de la codificación conjunta de fuente y canal (JSCC, por sus siglas en inglés) dentro de CODECS complicados, basados en la compresión mediante análisis por síntesis. Dicha codificación conjunta se ha trabajado en los niveles definidos por Zahir en su clasificación general: el diseño conjunto de los índices del cuantificador vectorial del CODEC, el diseño conjunto de todo el cuantificador vectorial empleando diferentes estructuras; y finalmente, el diseño conjunto de las regiones del cuantificador vectorial y su adecuado mapeo al espacio de señales del modulador. Estos algoritmos han sido especialmente rediseñados y adaptados a los CODECS más modernos que sirven como estándares en la compresión de voz para aplicaciones tales como radio móvil y telefonía moderna. Algunos ejemplos son: el VSELP usado en el estándar japonés de telefonía celular, el CELP-FS-1016 estándar a 4.8 kbs para voz y el IMBE estándar del proyecto APCO 25 basado en codificación por sub-bandas. Una breve descripción de algunos de los esquemas trabajados se menciona a continuación:

Codificar la voz consiste en transformar las ondas sonoras que la representan a otro tipo de representación que, aunque menos natural, si resulta más adecuada para determinadas tareas. Veamos un posible ejemplo de codificación de voz: supongamos que disponemos de un ordenador que tiene conectado un micrófono, las ondas sonoras se pueden traducir a valores numéricos (que el ordenador puede almacenar) sin más que ir midiendo periódicamente el resultado de la excitación del micrófono. Posteriormente, los valores almacenados podrían utilizarse para excitar un altavoz, y así reproducir la voz.

La codificación también estudia, una vez que se ha transformado la señal de voz a otra representación, cuál es la mejor forma de tratar esa nueva representación para que el tratamiento de la información obtenida sea el óptimo. Las primeras implementaciones del vocoder eran analógicas, sin embargo, con el nacimiento de los sistemas digitales y de las posibilidades que estos ofrecen, pronto se pasó a las implementaciones digitales. Durante la década de los 40 hubo una gran actividad en la Codificación por



Modulación de Impulsos (PCM). Este tipo de codificación no sigue la filosofía del vocoder de Dudley (y de los vocoders en general), sino que simplemente muestrea la voz. A partir del PCM se desarrollaron el DPCM y el ADPCM, que fueron propuestos como estándar por la CCITT (International Consultative Committee for Telephone and Telegraph).

Gracias a la flexibilidad de los sistemas digitales, se pudo experimentar con formas más sofisticadas de representación de la voz. Fant, a finales de los 50, trabajó en el modelo de producción de voz lineal. El surgimiento de la tecnología VLSI, tecnología de muy baja escala de integración, durante los 60 y 70 permitió nuevas soluciones al problema de la codificación de la voz. Así, por ejemplo, Flanagan y Golden propusieron una solución basada en la Transformada de Fourier. Durante los 80 y 90, la investigación ha ido encaminada a conseguir codificadores que utilicen un ancho de banda cada vez menor mientras que la calidad de la voz sea cada vez mejor. Con esto se permite utilizar con más eficiencia y eficacia los canales de transmisión, se facilita la encriptación y se aprovechan mejor los sistemas de almacenamiento.

Una de las principales aplicaciones de la codificación de voz es la telefonía móvil. En telefonía móvil, en Estados Unidos se utiliza un estándar de 8 Kbps (VSELP) y otro similar, a 6.7 Kbps, en Japón. En Europa, dentro del sistema GSM, se usa un codificador a 13 Kbps. Los codificadores de la forma de la onda no tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar. Sin embargo, si codificamos una señal de voz, podemos aprovechar sus características intrínsecas para que la codificación se realice de forma más eficiente. Así, los vocoders (VOICE CODERS) suponen el siguiente modelo de producción de voz:

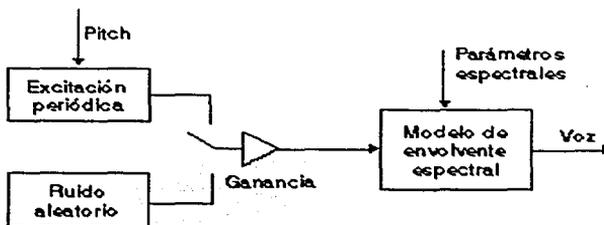


Figura B.3. Funcionamiento básico de un vocoder

Los vocoders intentan producir una señal que suene como la voz original, independientemente de si la forma de onda se parece o no. En el transmisor se analiza la voz y se extraen los parámetros del modelo y la excitación. Esta información se envía al receptor donde se sintetiza la voz. El resultado es que se produce voz inteligible a muy bajo bit-rate, pero tiene el problema de que no suena natural.

Vocoder por predicción lineal

Es el tipo de vocoder más utilizado. Este vocoder utiliza el mismo modelo de producción que otros vocoders pero difiere en la determinación del modelo del tracto vocal. Supone que el tracto vocal se puede describir por un filtro todo polos de respuesta impulsiva infinita (filtro IIR), $H(z)$.

$$H(z) = \frac{G}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_p z^{-p}}$$

Figura B.4. Función de transferencia de un filtro IIR

A este filtro se le conoce también como filtro LPC (Lineal Predictive Coding). Es decir, se supone que cada muestra es una combinación lineal de las muestras anteriores. Los coeficientes del filtro se calculan para minimizar el error entre la muestra actual y su predicción. En este vocoder, se trabaja sobre bloques de 20 ms de voz. Se trabaja sobre lo que se conoce como modelo corto, las características de la voz se suponen que no varían con el tiempo en intervalos pequeños. Esos bloques se analizan para determinar los coeficientes de predicción. Estos se cuantifican y se envían al receptor junto a otros parámetros. El efecto de la predicción es similar a la correlación entre muestras adyacentes. La popularidad de este vocoder viene de que el modelo todo polos del tracto vocal funciona muy bien y es posible alcanzar una señal de voz sintetizada muy inteligible a tasas de bits del orden de 2.4 Kbps.

Parámetro MOS de los Vocoders

Los Vocoders son usados para minimizar la tasa de bits a transmitir (y el ancho de banda de transmisión) en los sistemas de comunicaciones de voz digital. El ancho de banda es un requerimiento especialmente valioso en los sistemas de comunicación inalámbricos, desde que los proveedores de servicios inalámbricos deben acomodar normalmente a varios usuarios dentro de una asignación espectral fija. Los Vocoders permiten transmitir la voz eficazmente a través de redes digitales basadas en circuitos de conmutación o conmutación de paquetes. Los Vocoders también hacen que las comunicaciones inalámbricas de voz sean lo más eficaces espectralmente posible, y permiten encriptar el flujo de voz digitalizada.

Es una meta de los vocoders transmitir la mejor calidad de voz usando la menor cantidad de ancho de banda. Esto puede ser llevado a cabo usando la menor posible complejidad para reducir el costo de aplicación y el retraso de procesamiento del vocoder. Existen varios tipos de vocoders, diseñados para trabajar en diferentes tipos de sistemas de comunicaciones. Los tipos de sistemas de comunicación de seguridad pública requieren de un codificador y decodificador de voz en las interfaces del sistema para permitir un buen proceso de interconexión. Un vocoder será requerido por cada sistema digital; y, además, será requerido que los vocoders sean conectados en varias "configuraciones tandem".

Los fabricantes de Vocoder generalmente enfocan sus pruebas en productos individuales, a menudo con la pequeña consideración de configuraciones tandem. El objetivo de este programa, patrocinado por el Sistema de Comunicaciones Nacionales (NCS), era probar la calidad de voz de los vocoders normalmente usados en las diferentes configuraciones tandem.

Las pruebas fueron realizadas primero en los vocoders individualmente, y después en pares de vocoders en tandem. La última comprobación permitió la degradación de las combinaciones de vocoders en tandem para ser evaluados. Se investigaron varias tecnologías de vocoder, normalmente usadas, durante esta prueba. Estas tecnologías incluyeron: la predicción lineal de código excitado (CELP), la predicción lineal del vector suma excitado (VSELP), la predicción lineal del código Qualcomm excitado (QCELP), la excitación multibanda mejorada (IMBE), la excitación multibanda avanzada (AMBE), y la predicción

lineal de los "códigos de libro" algebraicos excitados (ACELP). Todos los vocoders probados fueron implementaciones de hardware con la excepción del vocoder ACELP que era una aplicación de software.

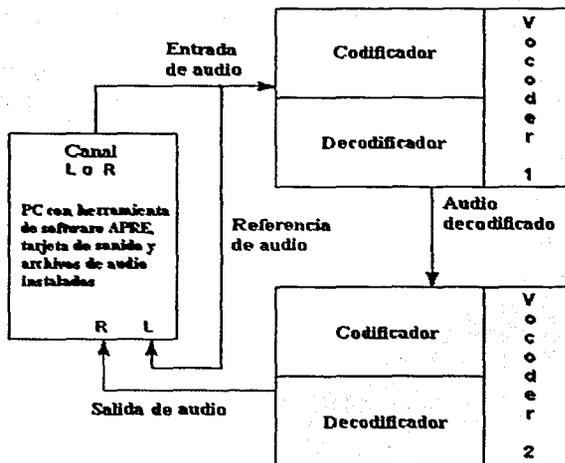


Figura B.5. Diagrama de Bloques usado para la evaluación de los vocoders

La Figura B.5. muestra un diagrama de bloques del arreglo de la prueba evaluada a los vocoders. Un objetivo estandarizado de un algoritmo para la valoración de la calidad de voz, desarrollado (y patentado) por ITS, fue usado en esta prueba. El algoritmo fue implementado usando la herramienta de software de ITS (APRE) -Audio Play, Record, and Estimate. APRE estima la calidad de la voz de un dispositivo bajo prueba (DUT) reproduciendo un archivo de entrada de voz digital al DUT y grabando las señales de entrada y salida del DUT en archivos de voz digital en una computadora personal. Entonces se lleva a cabo una comparación de los archivos de voz y proporciona un marcador de Distancia de Auditoria (AD) que indica la degradación introducida por el DUT.

Un parámetro de APRE llamado L(AD) fue usado para comparar varias configuraciones del vocoder. L(AD) puede ser convertida a la estimada Marcador de Opinión Media (MOS) que es un método común por tasar la calidad del vocoder. Se ha demostrado que las estimaciones MOS desarrolladas por APRE se correlacionan muy bien con los resultados de las pruebas subjetivas para una gran variedad de condiciones, aunque no puede considerarse que ellos son los reemplazos para las pruebas subjetivas formales. La Figura B 6. muestra los valores de MOS por las configuraciones probadas de vocoder.

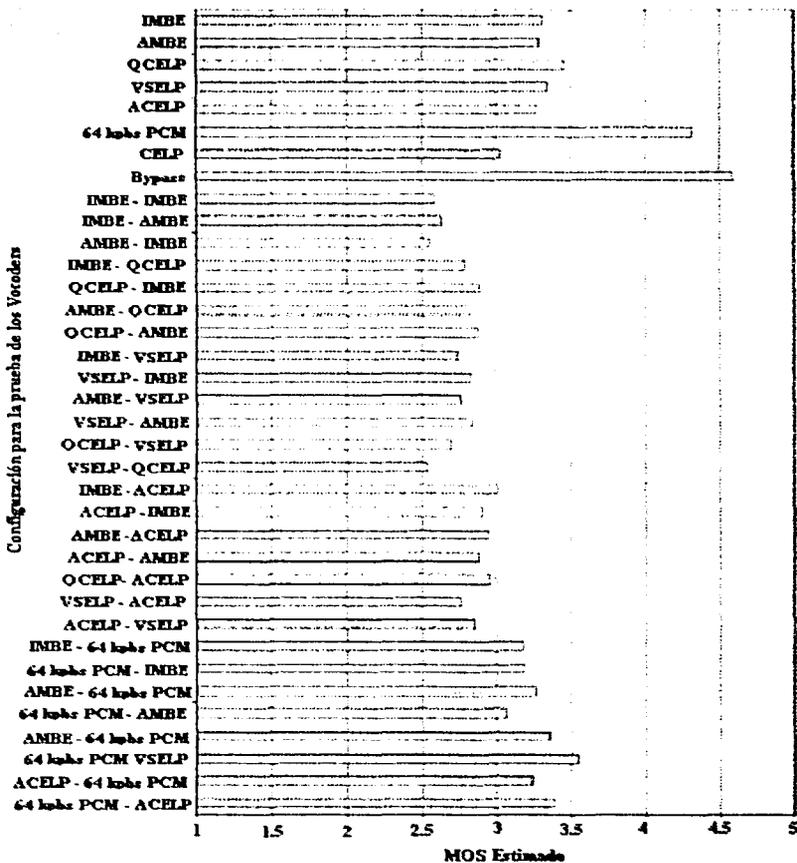


Figura B.6. MOS estimado para las configuraciones probadas

Los resultados mostrados con los ejemplos anteriores demuestran que la solución integral basada en una adecuada distribución de la redundancia de la fuente para contrarrestar efectos negativos del canal ofrece ventajas frente a la tradicional codificación en cascada. Los siguientes esfuerzos estarán encaminados a buscar una integración en la optimización de los métodos de transmisión de la voz a través de redes de comunicación más complejas modeladas con procesos complicados.

BIBLIOGRAFÍA

"Digital Mobile Communications and the TETRA System", J. Robertson, D. Prentice-Hall, U.S.A. 1996.

"Handbook of Mobile Radio Networks", Renwick, W. L. Ed. McGraw-Hill, 1997, 2nd Edición.

"Mobile Radio Communications", Dunlop, J., Irving Pentech Press, London 1995, ISBN

"An Overview of the PMR System", Uyles Black. Prentice-Hall, USA 1993, 2nd Edición.

"Diario Oficial de la Federación", 6 de Febrero de 2002. México. 2^a Sección. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Referencias de Internet

<http://www.project25.org/pages/files/P25%20Overview%20-20PT1G.pdf>

<http://www.p25.com/>

<http://www.apcointl.org/project25/p25.html>

http://www.etasia.com/ARTICLES/1999APR/1999APR08_DSP_MSD_TAC2.PDF

http://www.motorola.com/publicsafety/docs/P25_white_paper.doc

http://www.motorola-wls.com/CW_ACS002/cbt/course.htm

<http://www.refreq.com/rfworld/radio17.html>

<http://www.motorola.com/egiss/LA/products/systems/span/trunking.htm>

<http://landmobile.co.uk>

<http://www.pihernz.es/esp/inicio.html>

www.com-netericsson.com

<http://www.tetramou.com>

<http://www.decodesystems.com>

<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>

http://fiddle.ee.vt.edu/courses/ee4984/Projects1996/nguyen_swanchara/nguyen_swanchar.html

<http://www.ecs.soton.ac.uk/research/rj/comms/woodard/rj944.html>

<http://www.cse.ogi.edu/CSLU/IILTsurvey>

<http://apco911.org/project25/p25.html>

<http://nifc.gov/hotsheet/digital.htm>