Con gratitud a Hal Herrick por su dedicación y perseverancia en escribir este manual.

COMUNICACIONES DE RADIO EN LA ERA DIGITAL

VOLUMEN DOS: TECNOLOGÍA VHF/UHF



Primera Impresión, junio 2000 Copyright © 2000 Por Harris Corporation Todos los derechos reservados Título Original en Inglés "Radio Communications in the Digital Age VHF/UHF Technology, Volume Two"

Número de Tarjeta en el Catálogo de la Biblioteca del Congreso: 00 132465 Harris Corporation, RF Communications Division Comunicaciones de Radio en la Era Digital Volumen Dos: Tecnología VHF/UHF

Impreso en Estados Unidos de América 6/00 RO 10K B2008 © Harris Corporation

Traducido al Español por: APEQS - COTELA c.a. COMPAÑÍA TECNICA LATINOAMERICANA Teléfono (593-2) 507-740 email: apeqs@attglobal.net Quito, Ecuador

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN			1
CAPÍTULO	1	PRINCIPIOS DE LAS RADIOCOMUNICACIONES	5
CAPÍTULO	2	PROPAGACIÓN DE RADIO EN VHF/UHF	21
CAPÍTULO	3	ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE RADIO VHF/UHF	32
CAPÍTULO	4	RUIDO E INTERFERENCIA	52
CAPÍTULO	5	COMUNICACIÓN DE DATOS POR RADIO VHF/UHF	56
CAPÍTULO	6	SATCOM - COMUNICACIONES SATELITALES EN UHF	73

CAPÍTULO	7	COMUNICACIONES CON SEGURIDAD	82
CAPÍTULO	8	SISTEMAS Y APLICACIONES	90
CAPÍTULO	9	AVANCES HACIA EL FUTURO	102
GLOSARIO			106

INTRODUCCIÓN

Este es el Volumen 2 de una serie de libros de difusión de la Tecnología de Radiocomunicaciones. Éste trata sobre las tecnologías de muy alta frecuencia (VHF), ultra alta frecuencia (UHF) y comunicaciones satelitales (SATCOM), así como de la codificación digital moderna y de las capacidades de modulación que optimizan la salida de la información y su seguridad.

El Juego de Herramientas del Comunicante

El carpintero depende de un surtido de formones, taladros y martillos para realizar su trabajo. Cada tipo de herramienta es apropiada para una labor específica. Asimismo, el diseñador de sistemas modernos de comunicaciones hace uso de las herramientas de HF, VHF, UHF y SATCOM y aprovecha las capacidades únicas que ofrecen cada una de éllas para cumplir sus requerimientos. Más adelante se proporcionan resúmenes de las capacidades más sobresalientes de cada banda de frecuencia de radio y en los capítulos siguientes se las describe en mayor detalle.

HF: Desde "A la Vuelta de la Esquina" Hasta "Alrededor del Mundo"

Antes que existiera la tecnología SATCOM, los radios HF (o de onda corta) eran los únicos medios para comunicarse con las embarcaciones en el mar. El hecho de que con HF se puede comunicar más allá del horizonte la hace una herramienta indispensable para mensajes a larga distancia de barco a barco y de barco a costa. Asimismo, en la época anterior a los cables transatlánticos, los radios HF eran la única forma de hablar entre continentes. En la actualidad, estos radios siguen siendo utilizados para compartir la carga total de las comunicaciones de larga distancia.

Pero la virtud incomparable del radio HF ha creado también algunos desafíos. Las transmisiones mundiales de radio son fáciles de interceptar y el espectro de HF se ha complicado por señales emanadas de un sinnúmero de transmisores individuales ubicados alrededor del mundo. Deben

implementarse técnicas especiales en los radios para sacar provecho del largo alcance de los mismos, mientras que se preserva la claridad del canal y se reduce la interceptación.

La encripción disminuye la utilización no amigable de las señales interæptadas y sofisticados esquemas de codificación ayudan a combatir la congestión de señales, pero estas técnicas pueden reducir la salida (comparada con la de un canal en claro). A pesar de ésto, los radios HF continuan jugando un rol indispensable en las herramientas de un comunicador. Los radios HF de mochila, con varias opciones de antena, pueden cubrir un rango práctico desde "a la vuelta de la esquina" hasta "alrededor del mundo."

Aunque algunas comunicaciones de larga distancia se transmiten actualmente vía satélite, HF mantiene todavía la ventaja de no requerir (o depender) de ninguna infraestructura.

VHF: De Hombre a Hombre

La banda VHF fue una selección temprana para los radios de mochila utilizados por las tropas de tierra para comunicarse dentro de su área (aproximadamente ocho kilómetros). Las antenas y los componentes selectivos de sintonización de los radios VHF son mucho más pequeños que su contraparte en HF.

Los adelantos en la industria de semiconductores también han incrementado la eficiencia de los radios VHF debido a que las baterías son más pequeñas, más livianas y de mayor duración que aquellas que se requerían en el pasado.

A diferencia de HF, las transmisiones en VHF carecen de la habilidad de saltos ionosféricos y están limitadas a las comunicaciones de línea de vista (LOS). Esto reduce la congestión en la emisión de radio en un campo de batalla extendido y limita la vulnerabilidad de interceptación no amigable.

Las amplias capacidades del ancho de banda del canal de los radios VHF incrementan la eficiencia de los esquemas de codificación y encripción y permiten una mayor salida de datos que con los radios HF. Mayor ancho de banda y rango limitado hacen a estos radios ideales para comunicaciones de patrulla a patrulla.

UHF: Tierra-Aire para Apoyo Cercano

Los elementos de sintonización y las antenas de UHF son aún más pequeños que aquellos requeridos para VHF y son mucho más fáciles de instalar en aviones supersónicos de combate, lo que hace a UHF una selección ideal para las comunicaciones tierra-aire. Así como los radios VHF, los radios UHF comparten las ventajas de ser de línea de vista y tener mayor ancho de banda. Las fuerzas militares modernas prefieren actualmente el espectro UHF para las comunicaciones tierra-aire.

SATCOM: Saludos al (del) Comandante

Es esencial que las unidades de vanguardia se comuniquen con los centros de comando que en ocasiones están a cientos, si no a miles de kilómetros de distancia. Con el advenimiento de los satélites militares, la tecnología SATCOM puede complementar el equipamiento HF.

A pesar de que la línea de vista (LOS) está típicamente a ocho kilómetros o menos en el suelo entre radios de mochila, el alcance de LOS vertical de una señal UHF es de decenas de miles de kilómetros. Esto permite a los radios UHF llegar a los satélites militares en órbita que están diseñados para retransmitir la señal de regreso a la tierra. La señal retransmitida abarca una vasta área de cobertura satelital y es ideal para comunicaciones de largo alcance.

Las antenas altamente direccionales, apuntadas hacia el cielo y que se las utiliza con radios Satelitales Tácticos (TACSAT), reducen la radiación terrestre del tráfico TACSAT proveniente de las líneas de vanguardia del frente de batalla. Esto hace que el tráfico SATCOM sea mucho más difícil de interceptar, que aquel proveniente de los radios HF.

Pese a que es verdad que el enemigo puede recibir un enlace descendente desde un satélite, la encripción niega el acceso a los datos y la fuente de las emanaciones no da la clave de su ubicación o del destino de la trayectoria de datos.

El Radio Multibanda

En esta era de especialización, las fuerzas militares convencionales tienen la capacidad de llevar una variedad de radios, cada uno diseñado cuidadosamente para un propósito específico. Pero la situación de un pequeño grupo de combate de Fuerzas Especiales es muy diferente. A pesar de requerir el acceso a todos los canales de comunicaciones militares

disponibles, no pueden darse el lujo de transportar el peso que representa ese equipamiento. Por lo tanto, el radio multibanda es la solución.

De forma similar, por el reducido espacio para instalación que existe en vehículos, cabinas de comunicaciones, botes pequeños, etc., se utilizan los radios multibanda.

Así como una pequeña herramienta de bolsillo para uso múltiple, que al abrirla contiene una cuchilla, un destornillador, pinzas, un abridor de latas, etc., puede servir como caja de herramientas de emergencia, el radio de mochila multibanda está diseñado para los múltiples propósitos y necesidades de las Fuerzas Especiales. Algunos radios multibanda proveen además un enlace satelital, lo que les permitie ampliar su rango de cobertura.

Resumiendo

En los capítulos siguientes de este manual se explican los principios básicos y los modos de operación de los radios mencionados en esta introducción. Las características de operación de cada banda de frecuencia de radio se describen y comparan con respecto al rendimiento y aplicación.

Además de las bandas de frecuencia, hay muchos factores más que definen el rendimiento de un radio. En las páginas a continuación se enfoca también el mundo de las exóticas formas de onda que atraviesan el ruido, desafían los intentos de interceptación y proveen altas tasas de velocidades de datos que anteriormente eran consideradas imposibles.

Manténgase en sintonía!

CAPÍTULO

1

PRINCIPIOS DE LAS RADIO COMUNICACIONES

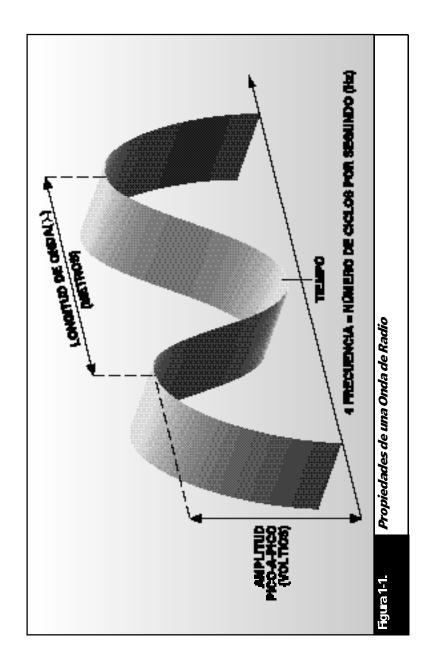
ara entender las radiocomunicaciones se comienza con la comprensión de la radiación electromagnética básica.

Las ondas de radio pertenecen a la familia de la radiación electromagnética, que incluye a los rayos x, luz ultravioleta y luz visible — formas de energía que utilizamos a diario. Así como las delicadas ondas que se forman al arrojar una piedra en un lago en calma, las señales de radio se irradian hacia afuera, o se propagan, desde una antena de transmisión. Las ondas de radio se propagan a la velocidad de la luz, no así las ondas de agua en el lago.

Definimos a una onda de radio en términos de su amplitud, frecuencia y longitud de onda (Figura 1-1).

La amplitud de la onda de radio, o intensidad, puede ser visualizada como su elevación — la distancia entre su pico y su punto más bajo. La amplitud, que es medida en voltios, es usualmente expresada por los ingenieros en términos de un valor promedio llamado valor medio cuadrático, o RMS.

La frecuencia de una onda de radio es el número de repeticiones o ciclos que completa en un período de tiempo. La frecuencia se mide en hertzios (Hz); un hertzio es igual a un ciclo por segundo. Miles de hertzios se expresan como kilohertzios (KHz) y millones de hertzios como megahertzios (MHz). Usted podrá ver típicamente una frecuencia de 2'182.000 hertzios, por ejemplo, escrita como 2.182 KHz o 2,182 MHz.



La longitud de la onda de radio es la distancia entre las crestas de una onda. El producto de la longitud de onda por la frecuencia es una constante que equivale a la velocidad de propagación. Por lo tanto, mientras la frecuencia aumenta, la longitud de onda disminuye y viceversa. Ya que las ondas de radio se propagan a la velocidad de la luz (300 millones de metros por segundo), usted puede fácilmente determinar la longitud de la onda, en metros, para cualquier frecuencia, dividiendo 300 para la frecuencia, en megahertzios. Así, la longitud de una onda de 10 MHz es de 30 metros, obtenidos por la división de 300 para 10.

El Espectro de Radiofrecuencia

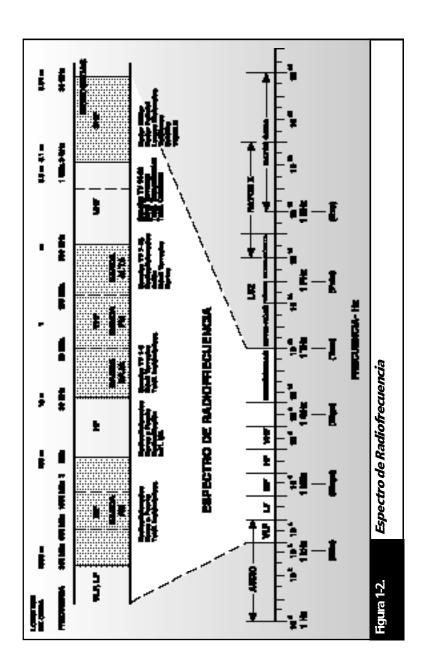
En el espectro de radiofrecuencia (Figura 1-2), el rango de frecuencia utilizable para ondas de radio se extiende desde aproximadamente 20 KHz (ligeramente sobre las ondas sonoras) a 30.000 MHz. La longitud de onda de 20 KHz tiene 15 kilómetros de largo. En una de 30.000 MHz, la longitud de onda es únicamente de 1 centímetro.

La Banda de Alta Frecuencia (HF)

La banda de HF se define como el rango de frecuencias de 3 a 30 MHz. En la práctica, la mayor parte de los radios HF usan el espectro desde 1.6 a 30 MHz. La mayoría de las comunicaciones de largo alcance en esta banda tienen lugar entre 4 y 18 MHz. Frecuencias más altas (18 a 30 MHz) pueden también estar disponibles de tiempo en tiempo, dependiendo de las condiciones ionosféricas y de la hora del día (véase el Volumen Uno, Tecnología HF).

La Banda de Muy Alta Frecuencia (VHF)

La banda de frecuencia VHF se define como el rango de frecuencias de 30 a 300 MHz. De la discusión anterior sobre la relación entre la frecuencia y la longitud de onda debe tomarse en cuenta que las longitudes de onda en VHF varían desde 10 metros en la parte baja a un metro en la parte alta. Esto significa que el tamaño de las antenas y los componentes de sintonización utilizados en el radio VHF son mucho más pequeños y livianos que aquellos utilizados en los radios HF. Esta es una gran ventaja para los radios de mochila. En los capítulos posteriores veremos también que la frecuencia más alta y las longitudes de onda más cortas de los radios VHF tienen gran incidencia en el alcance del radio.



La Banda de Ultra Alta Frecuencia (UHF)

La banda UHF va desde 300 MHz a 2450 MHz, a pesar de que los radios de mochila UHF TACSAT no utilizan frecuencias sobre los 512 MHz. Las longitudes de onda asociadas con el rango de 300 a 512 MHz van desde un metro a 58 centímetros. Las pequeñas antenas requeridas para estas longitudes de onda las hace ideales para ser utilizadas en aviones de alta velocidad.

Asignación de Frecuencias

Dentro del espectro de HF, se asignan grupos de frecuencias para servicios específicos de radio — aviación, marítimo, militar, gubernamental, radiodifusión o radioaficionados (Figura 1-3). Más aún, las frecuencias son reguladas de acuerdo con el tipo de transmisión: emergencia, radiodifusión, voz, clave Morse, facsímile y datos. Las asignaciones de frecuencia son regidas por tratados internacionales y por autorización de instituciones nacionales

Igualmente, las frecuencias dentro de las bandas VHF/UHF son asignadas de forma similar (Figura 1-4).

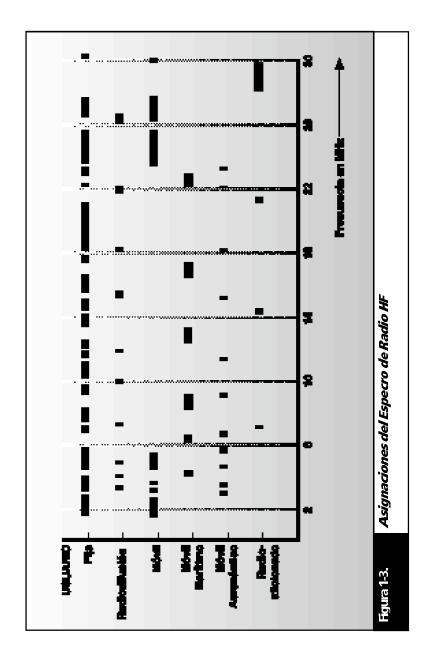
Modulación

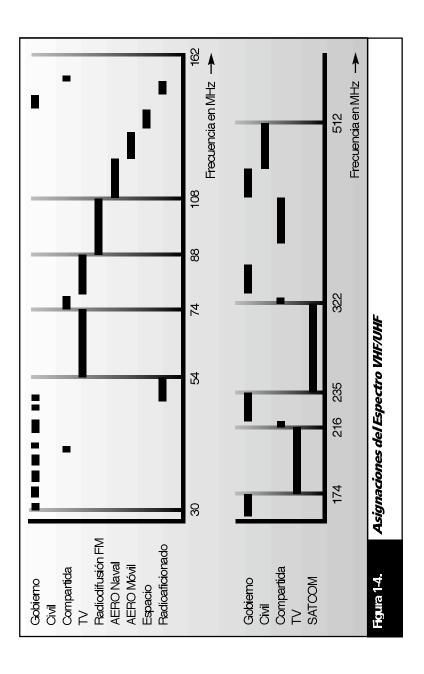
La asignación de una frecuencia es solamente el comienzo de las radiocomunicaciones. Por sí misma, una onda de radio no transmite información. Es simplemente una corriente rítmica de ondas continuas (CW).

Cuando modulamos las ondas de radio para transportar información, nos referimos a éllas como portadoras. Para llevar información, una portadora debe ser variada de tal forma que sus propiedades — amplitud, frecuencia, o fase (la medida de un ciclo completo de onda) — sean cambiadas, o moduladas, por la señal de información.

El método más simple de modular una portadora es encendiéndola y apagándola mediante una llave telegráfica. En los inicios de la era de la radio, la conmutación Encendido-Apagado, usando el código Morse, fue el único método de transmitir mensajes inalámbricos.

Los métodos comunes actuales para las radiocomunicaciones incluyen amplitud modulada (AM), que varía la intensidad de la portadora en





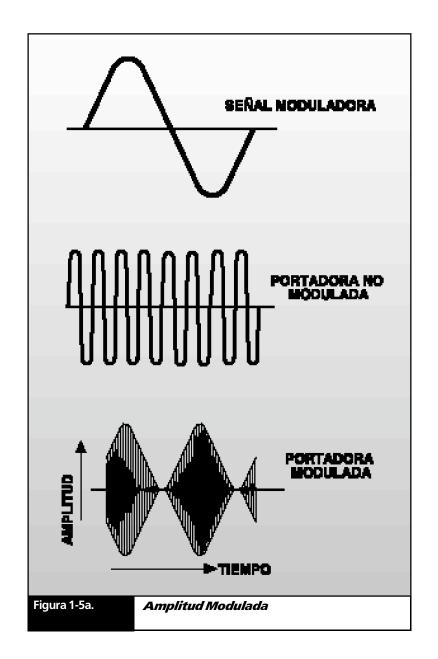
proporción directa a los cambios de la intensidad de una fuente tal como la voz humana (Figura 1-5a). En otras palabras, la información está contenida en las variaciones de amplitud.

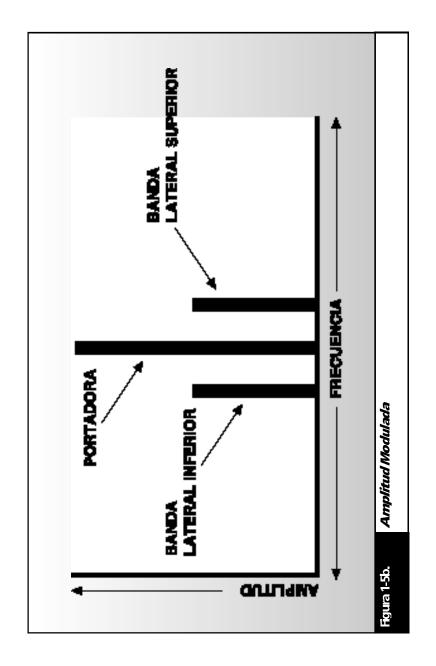
El proceso de AM crea una portadora y un par de bandas laterales duplicadas — las frecuencias cercanas sobre y debajo de la portadora (Figura 1-5b). AM es una forma relativamente ineficiente de modulación, ya que la portadora debe generarse de forma continua. La mayor parte de la potencia en una señal AM es consumida por la portadora, que no lleva información; la potencia restante va a las bandas laterales que transportan información.

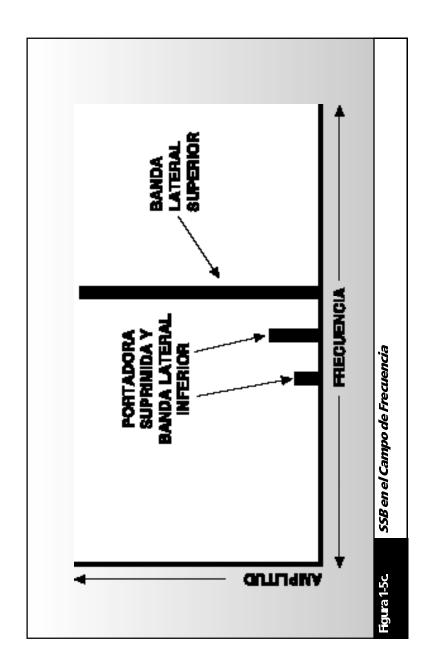
En una técnica más eficiente, se suprimen la banda lateral única (SSB), la portadora y una de las bandas laterales (Figura 1-5c). Solamente se transmite la banda lateral restante, la banda superior (USB) o la banda inferior (LSB). Una señal SSB necesita únicamente la mitad del ancho de banda de una señal AM y es producida sólo cuando una señal modulada está presente. De esta manera, los sistemas SSB son más eficientes, tanto en el uso del espectro que debe ajustarse a varios usuarios, cuanto en la potencia de transmisión. Toda la potencia transmitida va en la banda lateral que lleva la información.

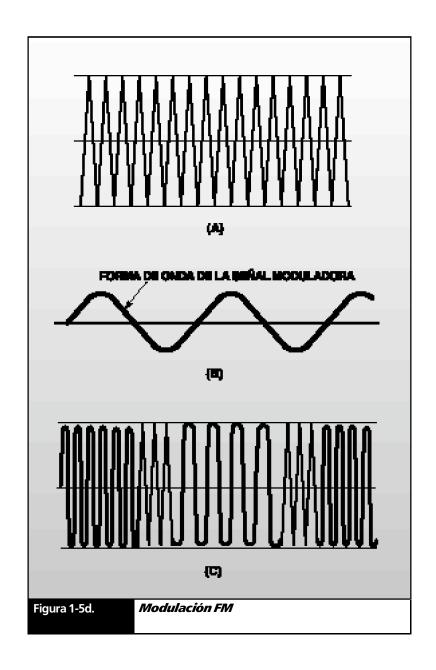
En este esquema, una variación usualmente utilizada por comunicadores militares y comerciales es la amplitud modulada equivalente (AME), en la cual se transmite una portadora a nivel reducido, con la banda lateral. AME permite usar un receptor relativamente simple para detectar la señal. Otra variación importante es la banda lateral independiente (ISB), en la que se transmite una banda lateral superior y una inferior, cada una transportando información diferente. De esta forma, por ejemplo, una banda lateral puede llevar una señal de datos y la otra una señal de voz.

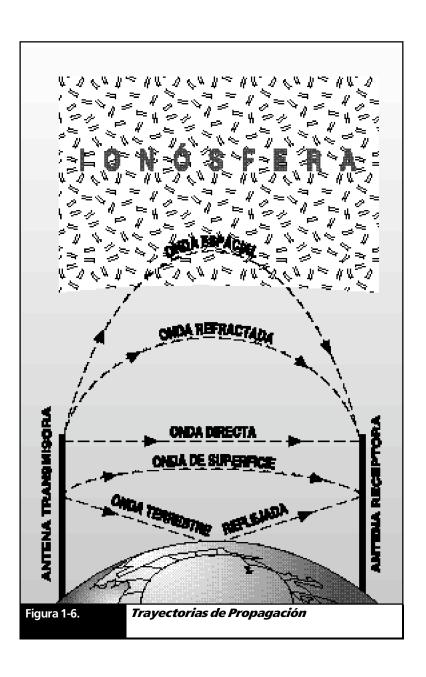
F recuencia modulada (FM) es una técnica en la cual la frecuencia de la portadora varía en respuesta a los cambios en la señal moduladora (Figura 1-5d). Por un sinnúmero de razones técnicas, FM convencional generalmente produce una señal más limpia que AM, pero utiliza mucho más ancho de banda. FM de banda angosta es a veces usada en los radios HF, ya que provee una mejora en la utilización del ancho de banda pero a costa de la calidad de la señal











Es en las bandas de UHF y VHF en donde la modulación FM está en su campo propio. Recuérdese que la banda HF generalmente ocupa el espectro de 1.6 a 30 MHz. Este es un espacio solamente de 28.4 MHz. La banda VHF cubre el espectro de 30 a 300 MHz, que es un espacio de 270 MHz; aproximadamente 10 veces el espacio de HF. Este espacio adicional significa que el ancho de banda de un canal de 25 KHz es utilizado para obtener alta calidad de la señal.

Otros esquemas dan soporte a la transmisión de datos por canales en HF, incluyendo el desplazamiento de la frecuencia o de la fase de la señal. Cubriremos estas técnicas en el Capítulo 5.

Propagación de la Onda de Radio

La propagación describe cómo las señales se irradian desde una fuente de transmisión hacia afuera. La acción es simple de imaginarse cuando las ondas de radio viajan en línea recta (recuerden esa piedra arrojada al lago en calma). Sin embargo, la trayectoria correcta que toman las ondas de radio, es usualmente más compleja.

Existen dos modos básicos de propagación: ondas terrestres y ondas espaciales. Como sus nombres lo indican, las ondas terrestres viajan a lo largo de la superficie de la tierra, mientras que las ondas espaciales "rebotan" hacia la tierra. La Figura 1-6 ilustra las diferentes trayectorias de propagación para las ondas de radio.

Las ondas terrestres tienen tres componentes: ondas de superficie, ondas directas y ondas terrestres reflejadas. Las ondas de superficie viajan a lo largo de la superficie de la tierra, llegando más allá del horizonte. Eventualmente, la energía de las ondas de superficie es absorbida por la tierra. El alcance efectivo de las ondas de superficie es determinado por la frecuencia y conductividad de la superficie sobre la que viajan las ondas. La absorción se incrementa con la frecuencia.

Las señales de radio transmitidas, que utilizan una portadora que viaja como onda de superficie, dependen de la potencia del transmisor, de la sensibilidad del receptor, de las características de la antena y del tipo de trayectoria. Para un equipo determinado, el alcance puede extenderse de 300 a 400 kilómetros sobre una trayectoria de agua de mar conductiva. Sin embargo, sobre terreno árido, rocoso, no conductivo, el alcance puede acortarse a menos de 30 kilómetros, aún utilizando el mismo equipo.

Las ondas directas viajan en línea recta, debilitándose a medida que aumenta la distancia. Pueden doblarse o refractarse por la atmósfera, lo que extiende ligeramente su rango útil, más allá del horizonte. Las antenas transmisoras y receptoras deben tener la capacidad de "verse" entre sí para que tengan lugar las comunicaciones, de tal forma que la altura de la antena es crítica en la determinación del alcance. Debido a esto, a las ondas directas se las conoce en ocasiones como ondas de línea de vista (LOS). Este es el modo primario de propagación de las ondas de radio en VHF y UHF.

Las ondas terres t res reflejadas constituyen la porción de la onda propagada que se refleja desde la superficie de la tierra entre el transmisor y el receptor.

Las ondas espaciales hacen posible las comunicaciones más allá de la línea de vista (BLOS). En las frecuencias bajo 30 MHz, las ondas de radio son refractadas (o dobladas), regresando a la tierra a cientos o miles de kilómetros de distancia. Dependiendo de la frecuencia, de la hora del día y de las condiciones atmosféricas, una señal puede rebotar varias veces antes de llegar a un receptor.

RESUMEN

- Las señales de radio se propagan o radían hacia afuera a la velocidad de la luz. desde una antena de transmisión.
- La frecuencia se expresa en términos de hertzios (ciclos por segundo), kilohertzios (miles de ciclos por segundo), o megahertzios (millones de ciclos por segundo).
- La frecuencia determina la longitud de la onda de radio; las frecuencias más bajas tienen mayor longitud de onda y las frecuencias más altas tienen longitudes de onda más cortas.
- Las comunicaciones de radio de largo alcance, más allá de la línea de vista (BLOS), tienen lugar en el rango de alta frecuencia (HF) de 1,6 a 30 MHz. Diferentes porciones de esta banda se asignan para servicios específicos de radio, bajo acuerdos internacionales.
- Las comunicaciones de radio de corto alcance (LOS) pueden tener lugar en todas las frecuencias de radio, pero esa tarea es asignada más a menudo a las bandas de VHF y UHF.
- La utilización de las ondas espaciales puede ser difícil, ya que la ionós fera cambia constantemente. La propagación de las ondas espaciales generalmente no está disponible en las bandas de frecuencia de VHF y UHF.
- Modulación es el proceso por el cual la fase, amplitud, o frecuencia de la portadora es modificada para llevar información.

CAPÍTULO 2

PROPAGACIÓN DE RADIO EN VHF/UHF

I Capítulo 1 explica que las ondas de radio en HF, VHF y UHF tienen diferentes características de propagación. Las frecuencias de radio en VHF y UHF se propagan principalmente a lo largo de trayectorias de línea de vista (LOS). Por otro lado, las ondas HF, aquellas bajo los 30 MHz, pueden también reflejarse desde la ionósfera y luego viajar de regreso hacia la tierra. Estas ondas espaciales, como son llamadas, dan origen a uno de los más importantes atributos del radio HF y que son las comunicaciones transhorizonte (BLOS), o más allá de la línea de vista. El Volumen Uno, "Tecnología HF", de esta serie de "Comunicaciones de Radio en la Era Digital" proporciona una descripción detallada sobre la propagación en HF. Este capítulo está relacionado principalmente con las características de propagación LOS de las bandas de frecuencias en VHF y UHF.

Mientras que varias características de propagación en HF se asocian con la ionósfera y con las reflexiones de onda que emana, los efectos de la topografía local y condiciones en la atmósfera más baja mayormente gobiernan la propagación en VHF y UHF. De igual manera, la propagación de ondas terre s t res es una forma muy importante de la propagación de onda en HF, pero en frecuencias superiores a 30 MHz, las ondas terre s t res son absorbidas casi inmediatamente y tienen un impacto beneficioso imperceptible.

Las frecuencias en las bandas de VHF y UHF usualmente penetran la ionósfera y se disparan hacia el espacio. Esto significa que el reflejo de la ionósfera no puede ser utilizado para extender confiablemente el rango de comunicaciones de estas frecuencias. En su mayoría, las antenas de transmisión y recepción deben contar con una trayectoria bastante despejada entre ellas para que tengan lugar las comunicaciones, de aquí el término línea de vista (LOS).

Consideraciones de la Elevación para el Alcance LOS

El horizonte visible que se observa a aproximadamente 1.5 metros sobre una superficie plana de la tierra, es menor que 4.3 kilómetros de distancia (Figura 2-1a). Esto es aproximadamente el alcance máximo de LOS para un radio de mochila que está en la espalda de un hombre de pies a otro radio de mochila que está asentado sobre la tierra (Figura 2-1b).

La Figura 2-1b muestra que si a un radio en recepción se lo elevaría a la altura de la espalda de un hombre de pies, la distancia máxima se duplicaría. En este caso la distancia LOS sería de 8.6 kilómetros. Pero, si el segundo hombre estuviera de pies más allá de esta distancia, digamos que a 11 kilómetros del radio transmisor, los efectos de sombra de la curvatura de la tierra impedirían al segundo hombre recibir la onda de radio. En este caso, 11 kilómetros es BLOS y no está dentro del alcance de los radios VHF o UHF en estas posiciones.

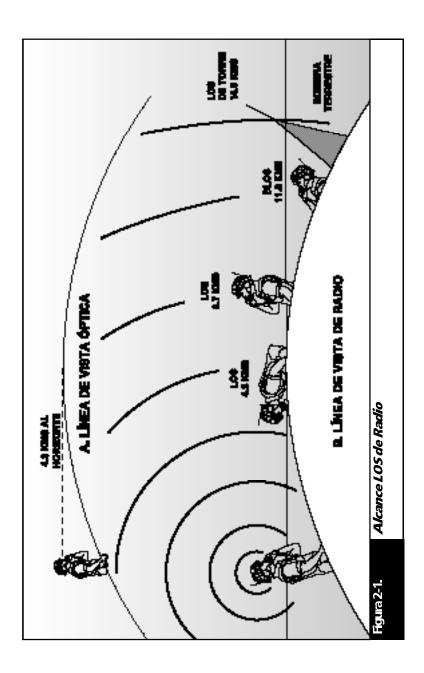
Se entiende que la elevación tanto de las antenas de transmisión como de recepción es de crucial importancia. Por ejemplo, si la antena de recepción estuviera instalada en una torre de 8 metros, la distancia total de LOS se incrementaría a 14.5 kilómetros. Pero si los operadores de radio estuvieran ubicados en las cimas de las montañas, el rango LOS podría extenderse de 80 a 160 kilómetros.

Para comunicaciones UHF tierra-aire, la aeronave puede estar a 160 kilómetros de distancia o más y aún mantendrían contacto.

Potencia de Transmisión y Alcance de Radio

Para las comunicaciones de radio HF, la potencia de transmisión es un factor muy importante. Para grandes distancias, particularmente para la propagación de ondas espaciales y ondas terrestres, cada kilómetro de distancia atenúa (disminuye) la señal. En la mayoría de sistemas, al duplicarse la distancia, la señal radiada es dividida para cuatro! Por consiguiente, la potencia de transmisión es frecuentemente el factor limitante de alcance. Es común observar transmisores HF de 500 vatios y de 1 kilovatio en aplicaciones HF vehiculares o a bordo y estaciones fijas HF de difusión de 10 kilovatios o más.

Las ondas VHF y UHF son también atenuadas con cada kilómetro de distancia. Sin embargo, para aplicaciones tácticas de mochila, son más frecuentes los efectos de sombra de un terreno irregular, edificaciones y



otros objetos que limitan el alcance efectivo y no la potencia de transmisión.

Muchos radios de mochila tienen dos configuraciones de potencia: 2 vatios y 5 a 10 vatios. La configuración de 2 vatios es generalmente adecuada y extiende la vida de la batería al seleccionarse este nivel de potencia. Por otro lado, existen situaciones en las que la potencia incrementada es beneficiosa. En las áreas urbanas en donde prevalece el ruido en las frecuencias altas de radio, las potencias más altas incrementan la relación señal/ruido (SNR) y mejoran la recepción. Además, las formas de onda de modulación modernas de velocidades altas de datos requiren un alto SNR para ser eficientes.

Las comunicaciones UHF tierra-aire se benefician de las potencias más altas debido a que el rango típico es de 160 kilómetros o más.

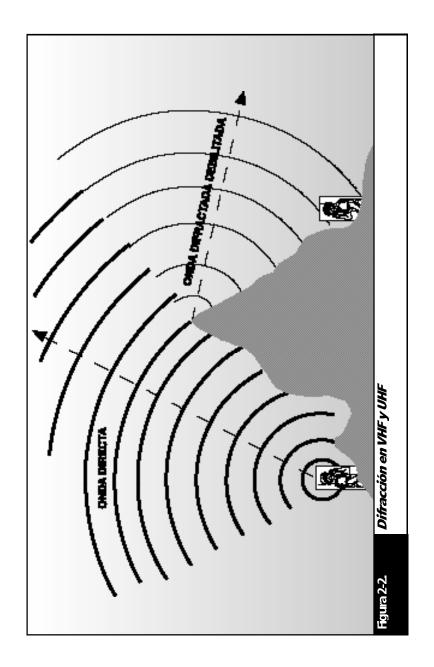
Finalmente, aunque los radios tácticos de mochila UHF SATCOM, con solo 18 vatios ubicados en Europa pueden hacer contacto con un satélite en una órbita a 35.000 kilómetros sobre la línea equinoccial, la comunicación es más confiable cuando se utilizan potencias más altas.

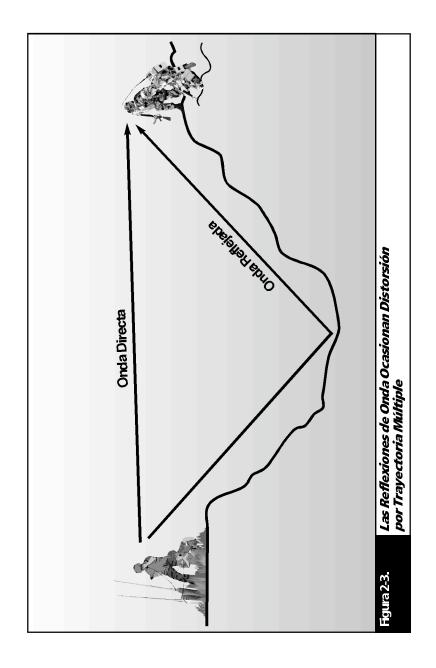
Recepción de Radio en VHF y UHF a Través de Montañas

En su mayoría, las montañas y colinas forman sombras de ondas de radio VHF y UHF. Sin embargo, hay una importante excepción cuando existen montañas muy pendientes u otra clase de barreras abruptas. Esto es ocasionado por un fenómeno conocido como Difracción (Figura 2-2). Cuando una onda VHF o UHF llega a un borde afilado, una parte de la onda rodea el borde y la propagación continua como si un radio de muy baja potencia estuviera colocado en la parte superior de la montaña. Es importante que el corte sea relativamente agudo. Una colina redondeada o la curvatura de la tierra no es suficiente para ocasionar este efecto. Este efecto es importante en situaciones de un campo de batalla en el que un soldado debe buscar abrigo detrás de una montaña.

Reflexión y Distorsión por Trayectoria Múltiple

Las ondas VHF y UHF pueden ser reflejadas por superficies sólidas como rocas o tierra conductiva, tal como un rayo de luz puede ser reflejado por una pared o por el techo. En ocasiones existen varias trayectorias entre una antena transmisora y una receptora (Figura 2-3). En esta figura existe una





trayectoria LOS directa entre dos radios, pero hay también entre ellos una trayectoria reflejada desde la parte baja de un valle.

Se entiende que estas dos trayectorias son de diferente longitud y que la trayectoria directa es la más corta de las dos. Debido a que las ondas de radio viajan a una velocidad constante, las ondas de la trayectoria directa llegan al receptor antes que la trayectoria reflejada. Esto significa que la misma información difundida llega al receptor en dos tiempos diferentes.

El efecto que esto produce se asemeja a ecos que se pueden escuchar en un lugar con acústica deficiente. Si los ecos están lo suficientemente cercanos entre sí, se hace difícil entender lo que se está diciendo. En la terminología de radio, esto se conoce como distorsión por trayectoria múltiple. Si esto molesta a las comunicaciones de voz, es devastador para comunicaciones digitales de datos de alta velocidad. En un capítulo más adelante discutiremos algunas de las formas ingeniosas que han sido inventadas para minimizar los efectos de este tipo de distorsión.

La "difracción por obstáculos" es una forma de trayectoria múltiple común para radios vehiculares. Esto es prevaleciente en VHF y UHF. Mientras más alta la frecuencia, más pronunciado es el efecto. Usualmente esto es ocasionado por interferencia o reflexiones de señales de objetos fabricados por el hombre tales como edificios, casas y otras estructuras.

Estos objetos causan campos constructivos y destructivos (o señales fortalecidas y señales debilitadas) de manera que cuando un vehículo atraviesa estos campos éste recibe alternativamente señales más fuertes y señales más débiles. En el receptor usualmente se escucha un "ruido silbante", mientras las señales se debilitan con rapidez, se vuelven más fuertes y luego nuevamente débiles.

Los picos de la señal y las áreas de débil radiación son una función de la longitud de onda. Una señal de 450 MHz que se recibe a bordo de un vehículo que viaja a 100 Kph puede "variar" rápidamente mientras el vehículo atraviesa la parte poblada de una ciudad. Se puede experimentar el mismo fenómeno en las bandas VHF bajas, pero las variaciones no son tan rápidas.

En ocasiones este mismo efecto es causado por señales de dos radios de estaciones fijas que reflejan a una aeronave que vuela sobre ellos.

Trayectoria Múltiple dentro de un Edificio

En situaciones tácticas, los radios de mochila son frecuentemente operados bajo cubierta en los edificios. Las ondas VHF y UHF tienen dificultad de penetrar a través de paredes de concreto reforzado, pero atraviesan ventanas y divisiones interiores ligeras con relativa facilidad.

La Figura 2-4 ilustra un receptor en el interior de un edificio con un transmisor ubicado en el exterior. En este caso, existen tres trayectorias desde el transmisor al receptor y ninguna de ellas es directa.

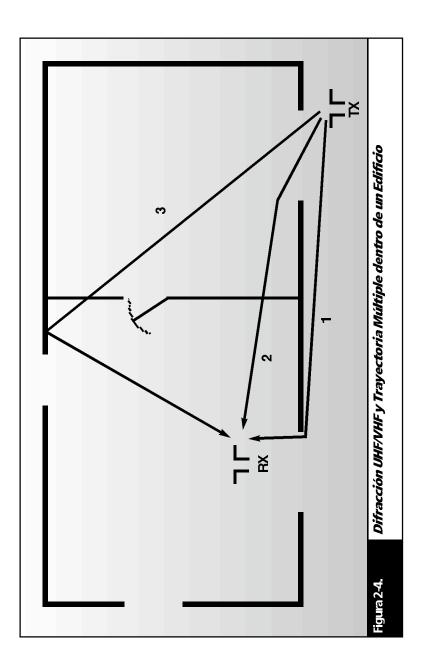
La trayectoria 1 pasa a través de la ventana más cercana al lugar en el que se encuentra ubicado el receptor y es difractada alrededor del borde saliente del marco de la ventana hacia el receptor. Asimismo, la trayectoria 2 pierde el camino directo hacia el receptor. Es difractada ligeramente por el marco de la ventana más cercana al transmisor y luego atraviesa una pared interna en el camino hacia el receptor. La trayectoria 3 pasa a través de una ventana y de una pared interna antes de chocar contra una pared externa del edificio y luego reflejarse nuevamente hacia el receptor.

Cada una de estas trayectorias tiene una distancia diferente y, por consiguiente, puede producir distorsión por trayectoria múltiple. Con frecuencia, el mover el receptor unos pocos centímetros en cualquier dirección evitará una o más de las trayectorias disponibles, mejorándose enormemente la recepción de la señal.

Propagación por Conducción Atmosférica de la Onda en VHF y UHF

Los límites sugeridos en el alcance LOS se exceden a veces en la práctica. Una de las razones principales para esto es un efecto llamado "propagación por conducción atmosférica" o "guía de onda natural." Las ondas VHF y UHF que viajan a través de la atmósfera lo hacen ligeramente más lento que cuando viajan en el espacio libre; esto se debe a que la densidad del aire reduce su velocidad de propagación. A mayor densidad del aire, menor la velocidad a la que la atraviesa.

Bajo condiciones normales, la densidad del aire es mayor en la superficie de la tierra, reduciéndose gradualmente con la altura. En circunstancias de un clima moderado, despejado y seco, las ligeras variaciones en la densidad del aire tienen efectos imperceptibles en la trayectoria de las ondas de radio que la atraviesan.



Con frecuencia, existen cambios abruptos en la densidad del aire debido a frentes meteorológicos que pasan sobre una área o a la alta carga de humedad de las nubes de lluvia. En tales casos las ondas VHF y UHF pueden propagarse entre las capas de aire de diferentes densidades. En la propagación por conducción atmosférica las ondas de radio se inclinan hacia abajo tendiendo a seguir la curvatura de la tierra. En estos casos el alcance de LOS es considerablemente mayor que el alcance óptico de LOS.

Este tipo de propagación de onda es imposible predecir; no es práctico basarse en esta predicción para planificar el mejoramiento del alcance. Sin embargo, cuando se liberan las condiciones de propagación por conducción atmosférica, ésta generalmente ocurre por horas.

CAPÍTULO

RESUMEN

- La propagación HF puede ser LOS a través de ondas terrestres o di rectas y de BLOS por el uso de ondas espaciales.
- Las frecuencias de VHF y UHF no pueden utilizar la propagación de ondas espaciales u ondas terrestres y dependen casi exclusivamente de la onda directa. Esto restringe su uso a las comunicaciones LOS.
- La propagación de las ondas de radio en frecuencias de VHF y UHF son afectadas principalmente por la topografía local del área (colinas y valles) y por las condiciones atmosféricas.
- El alcance VHF y UHF es generalmente limitado por el efecto físico de pantalla de la onda debido a obstrucciones tales como edificios y montañas.
- La difracción de las ondas VHF y UHF las puede doblar alrededor de bordes agudos tales como marcos de ventanas o montañas pronun ciadas.
- La distorsión por trayectoria múltiple es ocasionada por ondas que llegan al receptor procedentes de más de una trayectoria.
- El alcance de LOS mejora considerablemente al incrementar la altura de las antenas de transmisión, de recepción o de ambas.
- La propagación por conducción atmosférica producida por determi nadas condiciones climáticas puede, en ocasiones, aumentar el al cance de las ondas de VHF y UHF.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE RADIO VHF/UHF

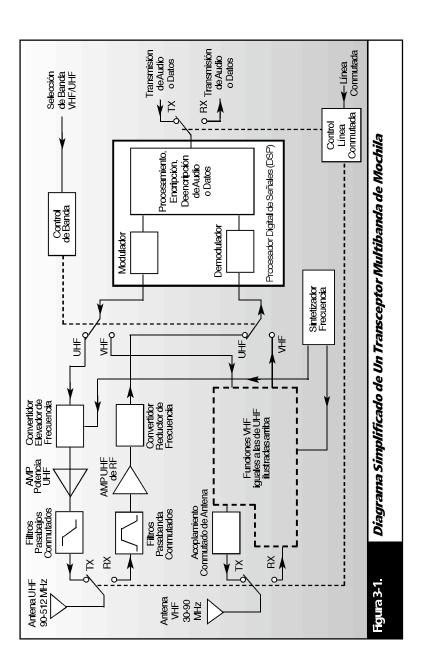
hora que se ha obtenido una visión general sobre cómo se propagan las ondas de radio, observemos cómo éstas se generan. Los componentes principales en un sistema de radio VHF o UHF se clasifican en tres grupos: transmisores, receptores y antenas. En la mayoría de equipos de radios tácticos modernos, el transmisor y el receptor están contenidos en una sola unidad llamada transceptor. Este capítulo presenta una revisión de los elementos de estos sistemas de radio.

La Anatomía de un Transceptor VHF/UHF Multibanda

Hace tiempo, un transceptor táctico estaba restringido a una sola banda. Esto significaba que se requería de un radio separado para trabajar en HF, VHF y UHF. Con el aumento de los requerimientos de grandes desplazamientos de tropas existe enorme presión para comprimir todos estos radios separados en un solo radio multibanda. Gracias a la miniaturización de la electrónica, los sistemas de radio multibanda y multimodo son una realidad.

En la actualidad, son comunes los servicios de transceptores con capacidad para VHF, UHF y Satélite Táctico (TACSAT). Una combinación de transceptor HF/VHF/UHF y TACSAT es la última innovación en esta área.

El transceptor más elemental debe generar una señal modulada hacia la antena y recibir una señal desde una antena, demodularla y alimentar la información a un auricular, computador o algún otro interfaz humano o máquina. Un transceptor multibanda debe ejecutar estas funciones para cada una de sus bandas de frecuencia (Figura 3-1).



La mayoría de funciones del transceptor multibanda son comunes a todas las bandas de frecuencia; sin embargo, los medios electrónicos para lograr estas funciones difieren dependiendo de la banda de frecuencia de operación. De esta forma, aquellas funciones que están asociadas con las frecuencias de transmisión y recepción en VHF deben agruparse separadamente de aquellas que ejecutan esa función en la banda UHF. Esta es la razón por la que la mayoría de las porciones de RF del transceptor deben duplicarse para cada banda, como se ilustra en la Figura 3-1.

La Trayectoria de Transmisión Comienza con el Procesador Digital de Señales

En un transceptor multibanda la voz transmitida o la información de datos se aplica a un bloque común llamado Procesador Digital de Señales (DSP). El DSP es un diminuto pero poderoso computador que convierte la información de entrada en formato digital que es manipulada dentro del computador.

Las funciones ejecutadas por el DSP incluyen filtrado de ancho de banda de audio, digitalización de voz, encripción y modulación. La salida del DSP es realmente una portadora modulada de baja frecuencia (LF) que es una réplica exacta de lo que va a ser transmitido, excepto por sufrecuencia. Esta señal es referida como si estuviera en una frecuencia intermedia (IF).

Conversión Ascendente en Frecuencia UHF y Sintetizador de Frecuencia

Al seleccionar una frecuencia UHF, la señal IF a la salida del DSP es aplicada a los circuitos convertidores ascendentes de UHF. Otro bloque de circuitos, llamado sintetizador de frecuencia, forma las diferentes señales que son requeridas por el convertidor ascendente para crear la frecuencia de salida de UHF deseada.

Amplificador de Potencia y Filtros de Transmisión

La señal del convertidor ascendente es entonces aplicada a un amplificador de potencia de banda ancha que cubre toda la banda de transmisión seleccionada. En este caso, la banda UHF y el amplificador son los que manejan las señales de 90 a 512 MHz. La salida de potencia de la señal de este amplificador es típicamente seleccionada por el operador entre 1 y 10 vatios.

A continuación del amplificador de potencia existe un grupo de filtro s pasabajos conmutados que "limpian" su salida. Éstos eliminan el ruido, las señales espurias y armónicas generadas por otros circuitos transmisores incluyendo armónicas de frecuencia generadas por el amplificador de potencia. Este proceso reduce la interferencia con canales adyacentes de comunicaciones.

Puerto de Antena UHF

La salida de los filtros pasabajos de UHF es aplicada a través de un conmutador de Transmisión/Recepción (TX/RX) (ilustrado en la Figura 3-1 en la posición TX) hacia el puerto de antena UHF del transceptor. Las antenas UHF tienen una impedancia de entrada de 50 ohmios.

La Trayectoria de Recepción Comienza con los Filtros Pasabanda Conmutados

Una señal UHF de recepción es aplicada por la antena al puerto de antena y luego a un grupo de filtros pasabanda conmutados, a través del conmutador de TX/RX. El propósito de estos filtros es retirar las señales sobre y debajo de la señal deseada.

Amplificadores de RF y Convertidor Descendente

Las señales filtradas de entrada son aplicadas a varias etapas amplificadoras de frecuencia (mostradas como un bloque en la Figura 3-1). Las señales típicas de entrada tienen una intensidad de señal en el orden de los microvatios (una millonésima de vatio). Los amplificadores de RF elevan esta señal al rango de milivatio para procesamiento futuro .

El siguiente paso en este proceso es descender la conversión de la señal a la frecuencia LF IF utilizada por el bloque del DSP. Otra vez, esto es realizado por el convertidor descendente conjuntamente con las señales del sintetizador. En los radios modernos, este proceso es efectuado en varios pasos de amplificación separada y conversión descendente. Para simplificar, en la Figura 3-1 se ilustra cómo sucede este proceso en un solo paso.

Demodulación DSP y Deencripción

Los pasos finales en el proceso de recepción son ejecutados por el DSP. Aquí las señales IF del convertidor descendente son demoduladas y deencriptadas para formar las señales de la banda base (audio o datos) que son utilizadas por el operador.

Porción de la Banda VHF del Transceptor

Las funciones de transmisión y recepción en VHF son similares a las de la banda UHF excepto que son ejecutadas por las porciones VHF del radio. Sin embargo, existe una función adicional requerida en la banda VHF que es el acoplamiento de la antena.

Acoplamiento de Antena Látigo VHF

La antena látigo frecuentemente utilizada con un radio VHF de mochila no presenta una impedancia de 50 ohmios al radio sobre la banda de 30 a 90 MHz. A fin de maximizar la potencia radiada desde este tipo de antena, se utiliza una serie de circuitos conmutados acoplados en la trayectoria de transmisión, siguiendo a los filtros pasabajos conmutados. La red de acoplamiento correcta es seleccionada automáticamente por el selector de frecuencia en el panel frontal del transceptor.

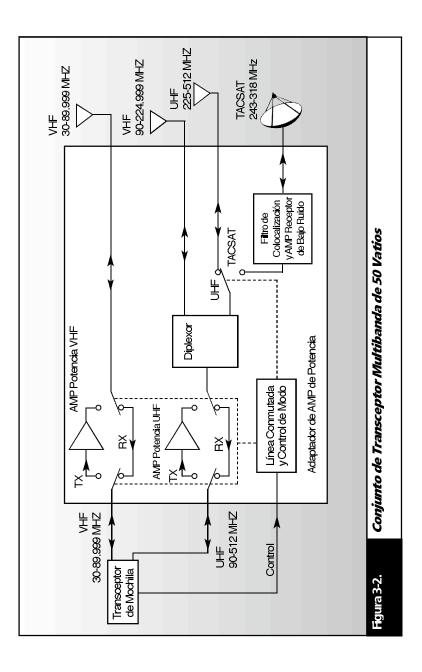
Grupo Transceptor Multibanda de 50 Vatios

Es común que los radios utilizados en vehículos y en estaciones fijas requieren potencia más alta que aquella que los transceptores tácticos de mochila pueden entregar por sí mismos. En estas aplicaciones, el transceptor de mochila es colocado en una base de montaje que incluye amplificador de potencia y algunos puertos adicionales de antena (Figura 3-2).

Amplificadores de Potencia

Es probable que un adaptador vehicular multibanda tenga dos o más amplificadores de potencia diseñados para los puertos de frecuencia del transceptor de mochila. La Figura 3-2 muestra un adaptador vehicular con dos puertos de transceptor VHF y UHF. Cada uno de estos puertos está asociado con un amplificador de potencia con capacidad de producir 50 vatios de potencia de salida.

Cada uno de estos amplificadores tiene una trayectoria de desvío de recepción que es seleccionada por la línea de conmutación del transceptor. En la condición de activación de la transmisión, el desvío está abierto y la señal es aplicada a los amplificadores de potencia. Sin embargo, en la condición de recepción, los amplificadores son desviados de forma que la señal de los puertos de la antena puede pasar a los circuitos del receptor en el transceptor de mochila.



Puertos de Antena de VHF Baja, VHF Alta, UHF y TACSAT

La mayoría de los transceptores multibanda tienen dos puertos de antena, el uno para VHF y el otro para UHF. En las instalaciones de estaciones vehiculares y fijas es común tener antenas que son más grandes y más eficientes que aquellas usadas con un radio de mochila solamente. Es por consiguiente conveniente tener cuatro puertos de antena. El primer puerto es usado para la banda VHF baja en el rango de 30 a 89.999 MHz. Pero la trayectoria de UHF es dividida entre tres puertos de antena separados, como se ilustra en la Figura 3-2.

La salida del amplificador de UHF es aplicada a un diplexor, el cual divide al puerto UHF en dos rangos de frecuencia, 90 a 224.999 MHz y 225 a 512 MHz. Cada una de estas salidas de frecuencia es aplicada al puerto de antena correspondiente.

La trayectoria de 225 a 512 MHz es posteriormente dividida por un interruptor electromagnético en una trayectoria UHF y en una trayectoria TACSAT. Esto se debe a que la trayectoria TACSAT requiere un filtro de colocalización, un Amplificador de Recepción de Bajo Ruido (LNA) y un puerto de antena separado. Este filtrado y amplificación adicionales en la trayectoria TACSAT es útil debido al nivel típicamente bajo de la señal recibida del satélite táctico en órbita a 35.000 kilómetros de altura sobre la línea ecuatorial. Los filtros de colocalización eliminan el ruido del radio generado por el encendido del vehículo, motores y otros transmisores que podrían de alguna manera opacar las señales débiles del satélite.

El Grupo de la Antena

La antena es uno de los elementos más críticos en un sistema de radio. Aquí veremos tipos de antenas típicos y sus aplicaciones.

Características y Parámetros de las Antenas

Algunos de los términos más comunes utilizados para describir las antenas son impedancia, ganancia, patrón de radiación, ángulo de despegue y polarización.

Cada antena tiene una impedancia de entrada que representa la carga a ser aplicada al transmisor. Esta impedancia depende de varios factores, tales como el diseño de la antena, frecuencia de operación y ubicación de la antena con respecto a los objetos circundantes.

El reto básico en comunicaciones de radio es encontrar la forma de obtener la mayor potencia posible, en dónde y cuándo se la requiera, para generar y transmitir señales. La mayoría de transmisores están diseñados para proveer la máxima potencia de salida y eficiencia en una carga de 50 ohmios. (OHM es la unidad de medición de resistencia. Su símbolo es Algunas antenas, tales como la logarítmico-periódica, pueden presentar al transmisor un carga de 50 ohmios en un amplio rango de frecuencias. Estas antenas, en la generalidad de los casos, pueden ser conectadas directamente al transmisor. Otras antenas, tales como las dipolo, látigo y unifilares tienen impedancias que varían en un amplio margen con la frecuencia y el medio ambiente que las rodea. En estos casos, se utiliza un sintonizador de antena o acoplador. Este dispositivo se coloca entre el transmisor y la antena para modificar las características de la carga que se presenta al transmisor de manera que se transfiera la máxima potencia desde el transmisor a la antena.

En la mayoría de aplicaciones VHF y UHF, las antenas tienen acoplamientos para banda ancha incorporados, por lo que generalmente no se requiere de acopladores de antena separadamente.

Ganancia de la Antena y Patrón de Radiación

La ganancia de una antena es una medida de su directividad — su capacidad para concentrar la potencia radiada en una dirección en particular. La ganancia puede ser determinada comparando el nivel de señal recibido contra el nivel que podría recibirse de una antena isotrópica, que irradia uniformemente en todas direcciones. La ganancia puede expresarse en dBi; mientras más alto sea este número mayor es la directividad de la antena. La ganancia de la antena de transmisión afecta directamente a los requerimientos de potencia del transmisor. Si, por ejemplo, una antena omnidireccional fuera reemplazada por una antena direccional con una ganancia de 10 dBi, un transmisor de 100 vatios produciría la misma potencia efectiva radiada que un transmisor de 1 KW con una antena omnidireccional.

A más de la ganancia, los usuarios de radio deben comprender el patrón de radiación de una antena para una transmisión óptima de la señal. El patrón de radiación se determina por el diseño de la antena y está fuertemente influenciado por su ubicación con respecto al suelo. Podría también afectar su proximidad a los objetos que la rodean como edificios y árboles. En la mayoría de antenas, el patrón no es uniforme, pero está

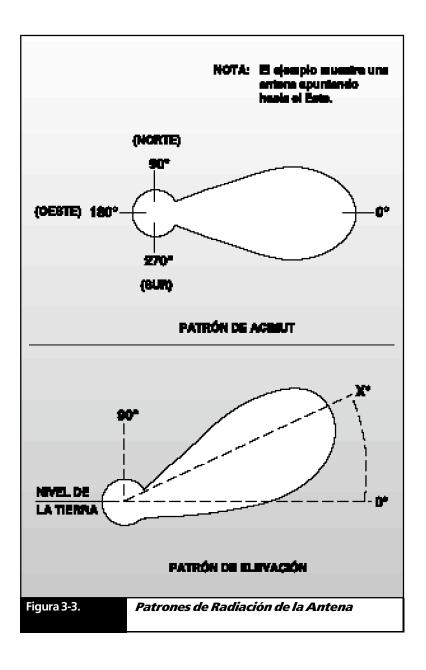
caracterizado por lóbulos (áreas de intensa radiación) y puntos nulos (áreas de débil radiación). Estos patrones, en la generalidad de casos, se representan gráficamente en diagramas en función de los planos vertical u horizontal (Figura 3-3), los que ilustran la ganancia de la antena como función del ángulo de elevación (patrón vertical) y ángulo acimutal (patrón horizontal). Los patrones de radiación dependen de la frecuencia, de tal forma que, a diferentes frecuencias serequieren diferentes diagramas para caracterizar completamente el patrón de radiación de una antena.

Para determinar el alcance de las comunicaciones, es importante tomar en consideración el ángulo de despegue, que es el ángulo entre el lóbulo principal de un patrón de antena y el plano horizontal de la antena de transmisión. En aplicaciones VHF y UHF los ángulos de despegue bajos se utilizan generalmente para comunicaciones LOS; los ángulos de despegue altos se utilizan para comunicaciones tierra-aire que requieren soporte aéreo cercano.

La orientación de una antena con respecto a la tierra determina su polarización. La mayoría de las antenas látigo VHF y UHF son antenas monopolo de alimentación central y polarización horizontal.

Una antena de polarización vertical produce ángulos de despegue bajos. La mayor desventaja de las antenas látigo verticales es su sensibilidad a la conductividad del suelo y al ruido generado localmente. Los monopolos de alimentación central evitan la sensibilidad a la conductividad del suelo y son utilizados para instalaciones vehiculares.

Las antenas de polarización horizontal, tales como una dipolo de $^{1}/_{2}$ onda, tienen ángulos de gran elevación. Este tipo de antena es particularmente útil cuando el transmisor está cerca de un bosque o de un lugar selvático. Permite que la radiación pase sobre los árboles en lugar de que sea absorbida. La difracción en la copa de los árboles tiende a inclinar la radiación hacia abajo de forma que sigue las copas de los árboles. Para mejores resultados, las antenas de transmisión y recepción deben tener la misma polarización.



Antenas VHF

Existe una extensa variedad de antenas utilizadas en las comunicaciones VHF. En este punto enfocaremos algunos de los tipos más comunes.

La antena látigo vertical es usada frecuentemente debido a que es omnidireccional y tiene ángulos de despegue bajos. Es de polarización vertical. Un patrón típico de radiación de látigo vertical se ilustra en la Figura 3-4. Un reflector, que consiste de una segunda látigo vertical, puede añadir directividad al patrón de radiación de una antena látigo.

Otro tipo útil de antena es la dipolo de alimentación central de 1/4 de onda, que es básicamente dos veces el largo del cable que es alimentado por el centro (Figura 3-5). Esta es una antena de polarización horizontal y es utilizada frecuentemente para aplicaciones vehiculares y en estaciones fijas.

El patrón de radiación puede cambiar dramáticamente en función de su distancia sobre la tierra. La Figura 3-6 muestra el patrón de radiación vertical de una dipolo horizontal para algunos valores de su altura (en términos de longitud de onda de transmisión) sobre la tierra.

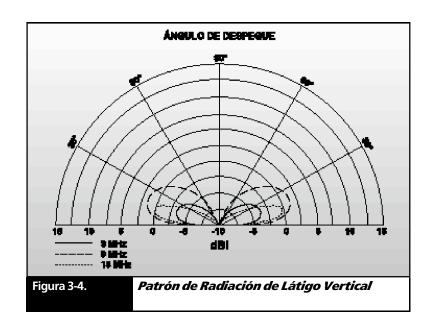
Una "V" invertida (a veces llamada "dipolo inclinada") produce una combinación de radiación horizontal y vertical con cobertura omnidireccional. Véase la Figura 3-7.

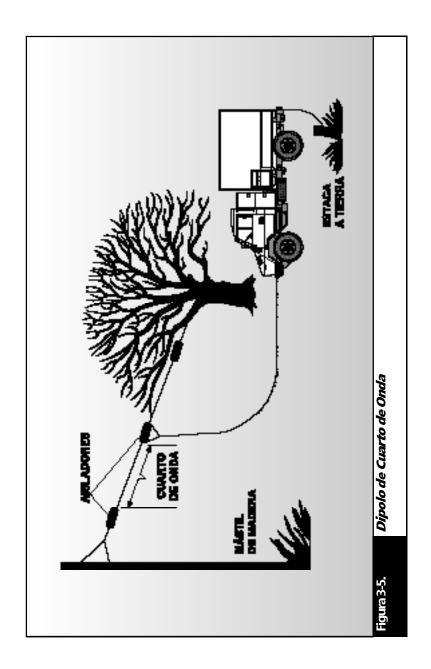
Para el uso de estaciones fijas en grandes elevaciones (colinas altas o en la cima de montañas) puede utilizarse una antena log periódica direccional para comunicaciones de muy larga línea de vista (LOS) de 160 kilómetros o más. Véase la Figura 3.8.

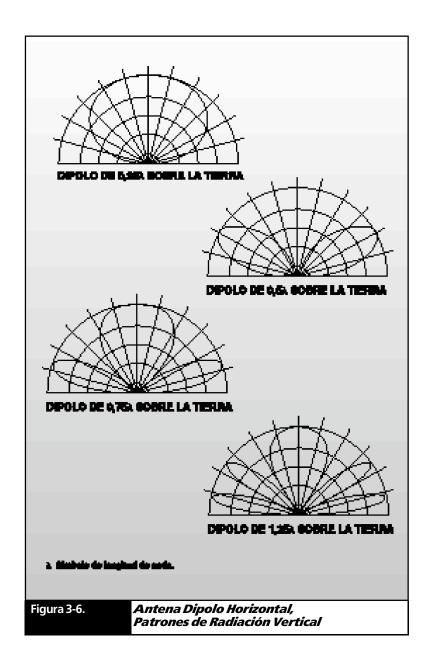
Antenas UHF y SATCOM

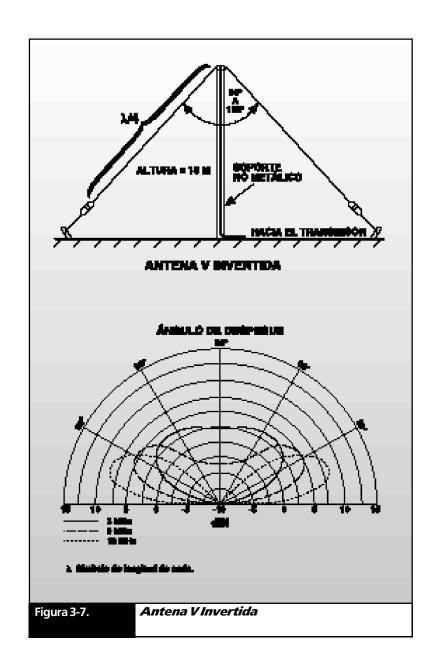
Para la mayoría de aplicaciones de mochila en UHF, se instala el transceptor con una antena corta, que se asemeja en su forma a una "salchicha". Esta antena es usada para distancias LOS relativamente cortas, con la ventaja de su tamaño pequeño.

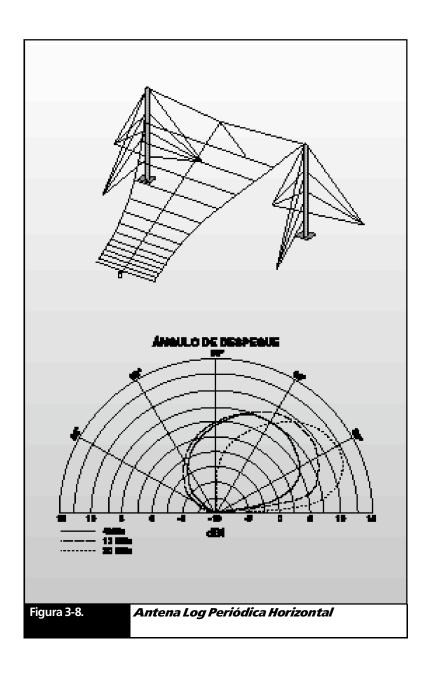
Para aplicaciones vehiculares o en cabinas de comunicaciones, una antena UHF efectiva para todo propósito es una dipolo de alimentación central (Figura 3-9a). Esta antena luce como una antena látigo gruesa. Es fabricada dentro de un tubo de fibra de vidrio y consiste de un dipolo colocado











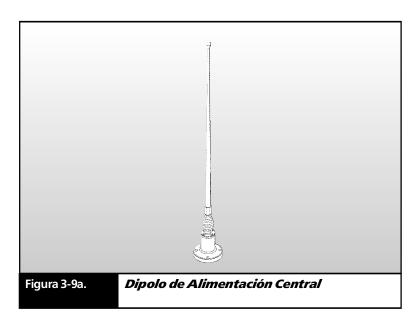
verticalmente dentro del tubo junto con sus puntos de alimentación. Su ventaja más significativa es que es relativamente independiente de la calidad de la tierra. Tiene un ángulo de despegue bajo y es de polarización vertical. La antena dipolo de alimentación central tiene un patrón similar al patrón del látigo ilustrado en la Figura 3-4. Existen dipolos de alimentación central diseñados también para frecuencias en VHF.

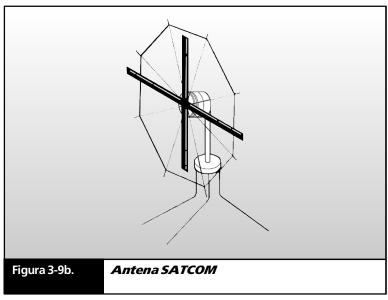
La antena UHF Satelital Táctica (TACSAT) tiene una forma única de paraguas invertido (Figura 3-9b). Produce un haz dirigido que debe apuntar directamente al satélite para que sea efectiva.

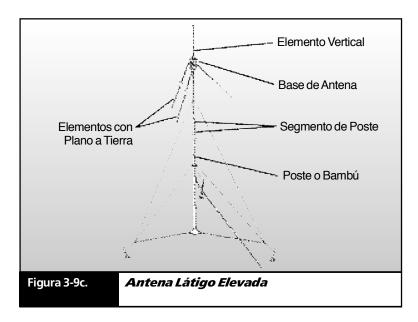
Para el uso de estaciones fijas, una látigo elevada o una dipolo de alimentación central incrementa grandemente el rango de LOS (Figura 3-9c). La estructura de esta antena consiste de un mástil y una látigo vertical o de una dipolo instalada sobre varillas con plano de tierra. Repitiendo, la estructura de esta antena puede utilizarse para aplicaciones de VHF y UHF con la selección adecuada de la antena y varillas con plano de tierra.

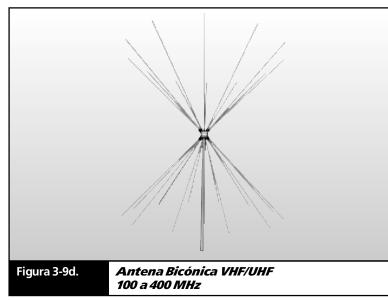
Otra antena UHF muy común utilizada para estaciones fijas es la Antena Bicónica que se ilustra en la Figura 3-9d. Una antena de este tipo ha sido diseñada para cubrir el rango de 100 a 400 MHz. Su capacidad de banda ancha la hace una excelente elección para los modos de Seguridad de Transmisión (TRANSEC) de banda ancha tal como el salto de frecuencia. El Capítulo 7 trata sobre TRANSEC.

La Antena Bicónica se instala generalmente sobre un mástil, similar al que se ilustra en la Figura 3-9c.









CAPÍTULO

4

RESUMEN

- Un sistema de radio consiste del transceptor y del grupo de antenas.
- El transceptor proporciona las funciones de transmisión y recepción.
- La función de transmisión consiste de modulación, generación de la portadora, traslación de la frecuencia y amplificación de potencia
- La función de recepción consiste de filtrado de la señal de RF, amplificación, conversión descendente de la frecuencia y demodulación.
- La selección de la antena es crítica para obtener comunicaciones VHF, UHF y TACSAT exitosas. Los tipos de antena incluyen látigo vertical, dipolos de alimentación central, antenas bicónicas, redes de antenas direccionales logarítmico- periódicas y antenas TACSAT de paraguas.
- Un acoplador de antena iguala la impedancia de la antena con la del transmisor, transfiriendo la máxima potencia a la antena.
- La ganancia de una antena es la medida de su directividad su capacidad de concentrar la energía que irradia en una dirección en particular.
- Los patrones de radiación de la antena se caracterizan por puntos nulos (áreas de débil radiación) y por lóbulos (áreas de fuerte radiación).

RUIDO E INTERFERENCIA

ientras escucha la radio durante una tormenta atmosférica, está seguro de haber notado interrupciones o estática en algún momento. Quizás oyó la voz fugaz de un piloto comunicándose con la torre de control mientras usted escuchaba su estación FM favorita. Estos son ejemplos de interferencia que afectan el rendimiento de un receptor. Tan desconcertante como esto puede ser, al tratar de escuchar música, así el ruido y la interferencia pueden ser peligrosos en el mundo de las comunicaciones, en donde el éxito o fracaso de una misión dependen de recibir y entender el mensaje transmitido.

Fuentes de Ruido

El ruido del receptor y la interferencia provienen de fuentes internas y externas. El ruido interno es creado dentro de los circuitos del receptor. Las fuentes de poder y los sintetizadores de frecuencia son fuentes importantes de ruido dentro del radio. Cierta forma de ruido proviene de la agitación térmica de las moléculas que conforman los componentes electrónicos en la etapa de amplificación más cercana a la antena de recepción.

El ruido exterior ingresa al receptor a través de la antena de fuentes externas al radio y frecuentemente excede al ruido interno del receptor.

Fuentes Naturales de Ruido

En la banda de frecuencia de HF, los rayos son la principal fuente (natural) atmosférica de ruido. El ruido atmosférico es más alto durante el verano y mayor durante la noche, especialmente en el rango de 1 a 5 MHz. Una de las ventajas de las bandas VHF y UHF es que se encuentran sobre esta extensa fuente de ruido.

Otra fuente natural de ruido es el denominado ruido galáctico o ruido cósmico,

generado en el espacio. A los 20 MHz (justamente debajo de la banda VHF), el ruido espacial es generalmente mayor al ruido generado internamente. Este ruido disminuye gradualmente de tal forma que alrededor de los 200 MHz iguala al ruido interno. En frecuencias más altas es insignificante.

Ruido Ocasionado por el Hombre

Las líneas de transmisión de energía, el equipo de computación y la maquinaria industrial y de oficina producen ruido ocasionado por el hombre, el que puede llegar a un receptor por radiación o por conducción a través de los cables de energía. Este tipo de ruido fabricado por el hombre se llama interferencia electromagnética (IEM) y es mayor en las áreas urbanas. La puesta a tierra y el blindaje de los equipos de radio, así como el filtraje de las líneas de entrada de alimentación CA son técnicas que utilizan los ingenieros para suprimir la IEM.

Radiointerferencia No Intencional

En un momento dado, miles de radiotransmisores compiten por espacio en el espectro de radio sobre y debajo del rango de frecuencias VHF y UHF. Las armónicas de los transmisores HF caen dentro de la banda VHF y las estaciones comerciales de FM y otras emisiones de radios inalámbricos caen directamente dentro de las bandas VHF y UHF. El espectro de radio es especialmente congestionado en Europa debido a la densidad de población.

Una causa mayor de interferencia no intencional es la colocalización de los transmisores, receptores y antenas. Este es un problema a bordo de barcos en donde las limitaciones de espacio hacen que varios sistemas de radio se ubiquen juntos.

Los medios para reducir la interferencia por colocalización incluyen antenas cuidadosamente orientadas, la utilización de receptores que no se sobrecargan en presencia de señales fuertes y no deseadas; y el uso de transmisores diseñados para minimizar las armónicas y otras emisiones espurias.

Interferencia Intencional

La interferencia deliberada, o bloqueo, proviene de la transmisión en frecuencias de operación con la intención de dislocar las comunicaciones. El bloqueo puede ser dirigido a un canal único o ser de banda ancha. Puede ser continuo (transmisión constante) o a intervalos de comprobación (transmisión solamente cuando está presente la señal a ser bloqueada).

Los sistemas de radios militares modernos usan técnicas de espectro extendido o salto de frecuencia para vencer el bloqueo y reducir la probabilidad de detección o interceptación. Las técnicas de espectro extendido son aquellas en las cuales la información modulada es transmitida en un ancho de banda considerablemente más grande que la frecuencia contenida en la información original.

Distorsión por Trayectoria Múltiple

Las señales de un transmisor llegan al receptor a través de trayectorias múltiples y lo hacen en ligeros intervalos diferentes (véase el Capítulo 2). Estas señales múltiples son tan disruptivas para las comunicaciones como lo son las señales de interferencia de otros transmisores.

Medición de la Calidad de la Señal

La calidad de la señal está indicada por la relación señal/ruido (SNR), medida en decibeles (dB). Mientras más alta sea la relación SNR, mejor será la calidad de la señal. Cada 3 dB de SNR corresponden a una relación de dos a uno. Así una SNR de 9 dB significa que la señal es ocho veces mayor que el ruido. Un límite más bajo de SNR comúnmente considerado para una adecuada recepción es de 10 dB. Esto significa que la señal tiene diez veces más potencia que el ruido.

Reducción del Efecto de Ruido e Interferencia

Los ingenieros utilizan varias técnicas para combatir el ruido y la interferencia, entre las que se encuentran: (1) el refuerzo de la potencia efectiva radiada, (2) la provisión de un medio para optimizar la frecuencia de operación, (3) la selección de un esquema de modulación adecuado, (4) la selección del sistema de antena apropiado y (5) el diseño de receptores capaces de rechazar las señales de interferencia.

CAPÍTULO **5**

RESUMEN

- Las fuentes naturales (atmosféricas) y las creadas por el hombre oca sionan ruido e interferencia. Las líneas de transmisión, terminales de computación y la maquinaria industrial son la causa principal del ruido creado por el hombre.
- La congestión de los transmisores que compiten por un limitado espectro de radio ocasiona interferencia.
- Los transmisores colocalizados interfieren con los receptores cercanos.
- El bloqueo, o interferencia deliberada, es el resultado de la trans misión en las frecuencias de operación con la intención de dislocar las comunicaciones.
- La interferencia de trayectoria múltiple puede ser considerada como otra forma de ruido.
- La apropiada selección de la antena y el uso de técnicas avanzadas de modulación pueden reducir el efecto del ruido e interferencia.

COMUNICACIÓN DE DATOS POR RADIO VHF/UHF

esde su inicio, las radiocomunicaciones utilizaron el código Morse para las comunicaciones de datos. A través del tiempo, se desarrollaron técnicas mejoradas para la transmisión de datos tomando en consideración la variabilidad del medio y el gran incremento de la velocidad a la cual ocurre la transmisión de datos sobre un enlace de radio. Adicionalmente, la aplicación de las técnicas de códigos de corrección de erro res y la solicitud de repetición automática (ARQ) que of recen transferencias de datos libres de erro r, permiten el uso de las transmisiones de radio en sistemas de comunicaciones de computador a computador.

Para entender los principios de la comunicación de datos por radio, definiremos alguna terminología común de datos, explicando el significado del modem. Resaltaremos también algunos problemas y soluciones asociados con la comunicación de datos por radio.

Datos Binarios

Como una actividad, las comunicaciones implican la transferencia de información de un transmisor a un receptor sobre un canal adecuado. Considérese este libro, por ejemplo. Utiliza símbolos (el alfabeto) para codificar información en un conjunto de grupos de códigos (palabras) para transmisión en un canal (la página impresa) hacia un receptor (el lector). Aplicando este principio a los datos (información), comenzamos utilizando una clase de taquigrafía para transformar los datos en palabras codificadas (dígitos binarios, o bitios) para transmisión sobre un canal (radio HF) hacia un receptor (el lector).

Los bitios son parte de un sistema de números que tiene la base 2 que utiliza únicamente los símbolos 0 y 1. De esta forma, un bitio es cualquier variable que asume dos estados distintos. Por ejemplo, un conmutador está abierto o cerrado, un voltaje es positivo o negativo y así por el estilo.

Una manera simple de comunicar datos binarios es conmutar un circuito para apagarlo o encenderlo, en patrones que son interpretados en el otro extremo del enlace. Esto es esencialmente lo que se hizo en los inicios de la telegrafía. Esquemas posteriores utilizaron un bitio para seleccionar uno de dos posibles estados de las propiedades que caracterizan a una portadora (onda de radio modulada) — sea en frecuencia o amplitud. Adelantos más sofisticados permiten a la portadora asumir más de dos estados y por consiguiente representar bitios múltiples.

Velocidad en Baudios

La velocidad de transmisión de datos es comúnmente medida en bitios por segundo (bps). En ocasiones la palabra baudio es usada como sinónimo de bps, aún cuando los dos términos realmente tienen significados diferentes. Baudio es una unidad de velocidad de señalización y es una medida de símbolos por segundo que están siendo enviados. Un símbolo puede representar más de un bitio.

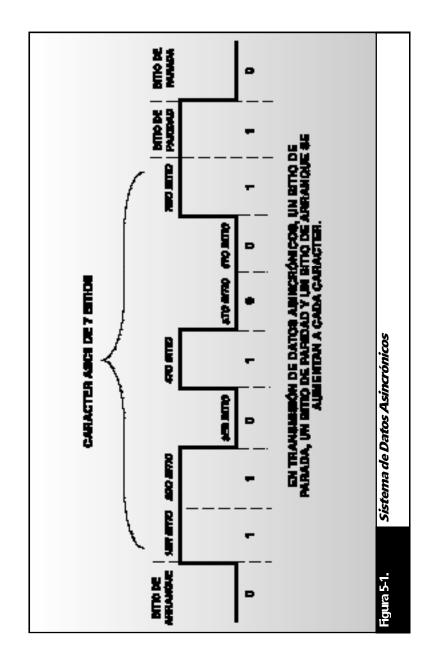
La velocidad máxima en baudios que puede soportar un canal de radio depende de su ancho de banda — mientras más grande es el ancho de banda, mayor es la velocidad en baudios. La velocidad a la cual se transmite la información, la velocidad en bitios, depende de cuantos bitios hay por símbolo.

Datos Asincrónicos y Sincrónicos

La transmisión de datos sucede de un modo asincrónico o sincrónico.

En transmisión de datos asincrónica, cada caracter tiene un bitio de arranque y otro de parada (Figura 5-1). El bitio de arranque prepara al receptor de datos para aceptar el caracter. El bitio de parada coloca al receptor de datos en un estado de espera.

La transmisión de datos sincrónica elimina los bitios de arranque y parada. Este tipo de sistema utiliza típicamente un preámbulo (una secuencia conocida de bitios, enviada al inicio de un mensaje, que el receptor la



utiliza para sincronizar con su reloj interno) para alertar al receptor de datos que el mensaje está en camino.

Los sistemas asincrónicos eliminan la necesidad de complejos circuitos de sincronización, pero a un costo de mayor coeficiente de carga que los sistemas sincrónicos. Los bitios de parada y arranque incrementan en un 25 por ciento la longitud de un caracter, de 8 a 10 bitios.

Modems de Radio

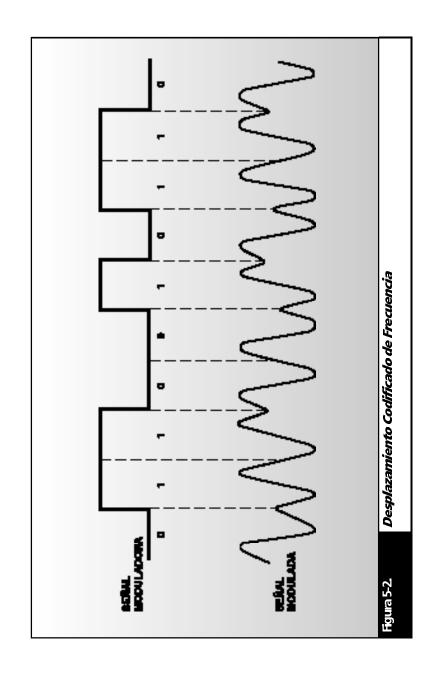
Los radios no pueden transmitir datos directamente. Los niveles de voltaje de los datos digitales deben ser convertidos a señales de radio, usando un dispositivo llamado modulador, el que aplica el audio al transmisor. De manera opuesta, en el receptor, un demodulador convierte el audio nuevamente a niveles digitales de voltage. Los radios de Harris están equipados con modems incorporados de alta velocidad (el MOdulador y el DEModulador, integrados conjuntamente), que permiten a los radios operar sea con entradas de voz o de datos.

Los modems de radio se clasifican dentro de tres categorías básicas: (1) modems con desplazamiento codificado de frecuencias (FSK) de baja velocidad; (2) modems de tono paralelo de alta velocidad y (3) modems de tono serial (único) de alta velocidad.

Los modems más sencillos emplean FSK para codificar datos binarios (0s y 1s) (véase la Figura 5-2). La entrada al modulador es una señal digital que tiene uno de los dos posibles niveles de voltaje. La salida del modulador es una señal de RF que es uno de los dos tonos posibles. Los sistemas FSK están limitados a velocidades de datos menores a 75 bps debido a los efectos de la propagación por trayectoria múltiple.

El Desplazamiento Codificado de Amplitud (ASK) es similar a FSK, excepto que es la amplitud de la portadora la que es modulada en lugar de la frecuencia.

Es posible obtener mayores velocidades con métodos más modernos de modulación de Desplazamiento Codificado de Fase (PSK) y esquemas avanzados de codificación. El Desplazamiento Codificado de Fase se describe posteriormente en este capítulo.



Control de Errores

Existen diferentes métodos para evitar problemas en la transmisión de datos.

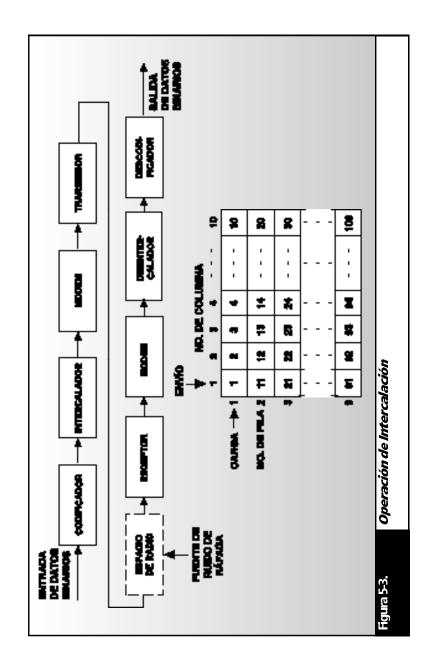
La codificación anticipada de erro res (FEC) añade datos redundantes al flujo de datos, para permitir al receptor de datos detectar y corregir erro res. Un aspecto importante de este concepto es que norequiere un canal de reto rro para la confirmación. Si un receptor de datos detecta un erro r, simplemente lo corrige y lo reproduce exactamente a los datos originales, sin notificar al remitente que hubo un problema. Las debilidades de FEC son: al contrario de ARQ, FEC no asegura la transmisión de datos libres de erro res; FEC disminuye la tasa efectiva de transmisión de datos.

La técnica de codificación FEC es más efectiva si los errores ocurren de forma aleatoria en el flujo de datos. El medio de radio, sin embargo, típicamente introduce erro res que ocurren en ráfagas — esto es, intervalos con una tasa alta de erro res (BER) en el canal son diseminados con intervalos de una baja tasa de erro res. Para obtener total ventaja de la técnica de codificación FEC, es mejor intercalar de forma aleatoria los erro res que ocurren en el canal mediante un proceso llamado intercalación (Figura 5-3).

En el modulador, por ejemplo, el flujo de datos ingresa a una matriz de 9 filas por 10 columnas. Los bloques se ingresan por filas y se descargan por columnas. Cuando el flujo de datos sale de la matriz para transmisión, la secuencia de los bitios de salida será 1, 11, 21 y así por el estilo.

En el demodulador, el proceso es a la inversa mediante desintercalación. Los datos se ingresan por columnas en una matriz idéntica a la del transmisor. Se los lee en filas, recuperando la secuencia de datos a su estado original. Así, si una ráfaga ocasionara 9 bitios consecutivos errados, no más de 3 de éllos caerían en cualquier secuencia de 30 bitios después de la desintercalación. Entonces, si se utilizara la técnica de codificación FEC, los errores serían corregidos.

La decodificación de decisión transitoria mejora aún más el poder de la codificación de corrección de erro res. En este proceso, un grupo de símbolos detectados que retienen sus características analógicas son comparados contra el conjunto de posibles palabras codificadas a ser transmitidas. El sistema "recuerda" el voltaje del detector y aplica un



factor ponderado a cada símbolo en la palabra clave, antes de tomar una decisión sobre cuál palabra clave fue transmitida.

Vocoder

Las técnicas de comunicaciones de datos se utilizan también para encriptar llamadas de voz mediante un dispositivo llamado vocoder (abreviación de codificador-descodificador de voz). El vocoder convierte el sonido en un flujo de datos para transmisión por un canal de radio HF. Del lado de recepción, un vocoder reconstruye los datos en sonido de calidad telefónica.

Ecualización de Canal y Filtrado de Excisión

A más de las técnicas de corrección de errores, los modems seriales de alta velocidad pueden incluir dos esquemas de procesamiento de señal que mejoran las transmisiones de datos. Un ecualizador automático de canal compensa las variaciones en las características del canal mientras se reciben los datos. Un filtro adaptivo de excisión rastrea y suprime la interferencia de banda angosta a la entrada del demodulator, reduciendo los efectos de interferencia de canal compartido, esto es, interferencia en el mismo canal que está siendo utilizado. Harris ha patentado varias técnicas para ejecutar estas funciones.

Modernas Formas de Onda para Modems de Datos de Alta Velocidad

La tecnología moderna de modems de alta velocidad, permite velocidades de datos tan altas como 64 kbps. Las trayectorias de transmisión de radio tienen características que varían dependiendo de la banda de frecuencia (HF, VHF y UHF) y del ancho de banda del canal. A pesar de que la mayoría de los canales HF tienen el ancho de banda limitado a 3 KHz, los canales VHF, UHF y SATCOM tienen anchos de banda de 5 y 25 KHz. Para acomodar y maximizar el rendimiento de la velocidad de datos para estos tipos de transmisión de radio, se han creado un número de formas de onda robustas para datos. La Tabla 6-1 describe estos diferentes tipos de formas de onda y sus aplicaciones.

TABLA 6-1

Aplicación de la Forma de Onda	Ancho de Banda del Canal	Velocidad de Datos en kbps
ASK UHF HAVEQUICK	25 kHz	16 kbps
FSK VHF SINCGARS	25 kHz	16 kbps
PSK SATCOM DAMA	5 y 25 kHz	2.4 kbps
CPFSK 4-aria SATCOM DAMA	5 kHz	4.8 k a 9.6 kbps
SATCOM DAMA	25 kHz	9.6 k a 56 kbps
TCM 16-aria VHF/UHF	25 kHz	64 kbps
CPM M-aria VHF/UHF	5 kHz	4.3 k a 8.5 kbps
VHF/UHF	25 kHz	21 k a 64 kbps

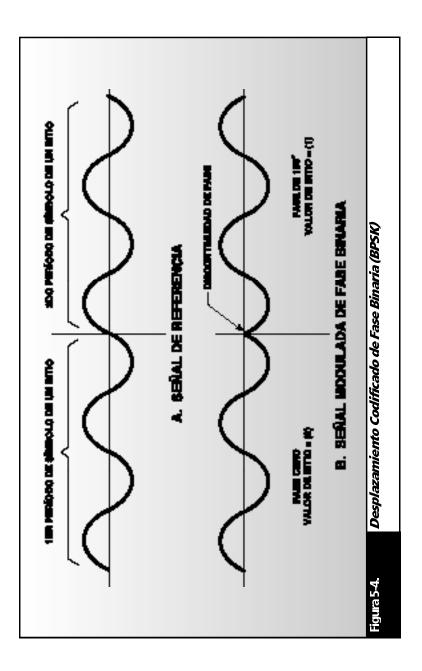
Desplazamiento Codificado de Fase (PSK)

PSK es similar a FSK, que se ilustra en la Figura 5-2, excepto que es la fase de la portadora en lugar de la frecuencia la que es modulada.

Desplazamiento Codificado de Fase Binaria (BPSK)

La forma más simple de PSK se llama Desplazamiento Codificado de Fase Binaria (BPSK) que se ilustra en la Figura 5-4. La Figura 5-4a muestra una onda de referencia que cubre dos períodos de bitio. La Figura 5-4b muestra la onda después de la modulación con un bitio (0) y un bitio (1). Obsérvese que la señal correspondiente al segundo bitio (1) es una versión al revés de la forma de onda de referencia. Esta porción de la señal está a 180° con respecto a la forma de onda de referencia.

Tómese en cuenta además que la transición desde el primer bitio al segundo es abrupta. Esta repentina discontinuidad de fase crea una ráfaga de ruido de las bandas laterales conocido como "radiaciones espurias." Este ruido ocasiona interferencia de intersímbolo que limita severamente la velocidad de datos que esta forma simple de PSK puede entre gar.



PSK M-aria

Existen muchas formas de PSK. BPSK es modulada con solamente dos fases de la portadora. Otro término para BPSK es PSK 2-aria o binaria. En este caso M=2. La Figura 5-5 contiene un diagrama que representa PSK M-aria que muestra vectores que representan los ángulos de fase asociados con los tipos más comunes de modulación PSK M-aria.

BPSK es representada por dos flechas que apuntan en sentido contrario la una de la otra en un ángulo de 180°. Cada una de estas dos fases de BPSK pueden representar solamente un bitio de información, sea un (0) o un (1).

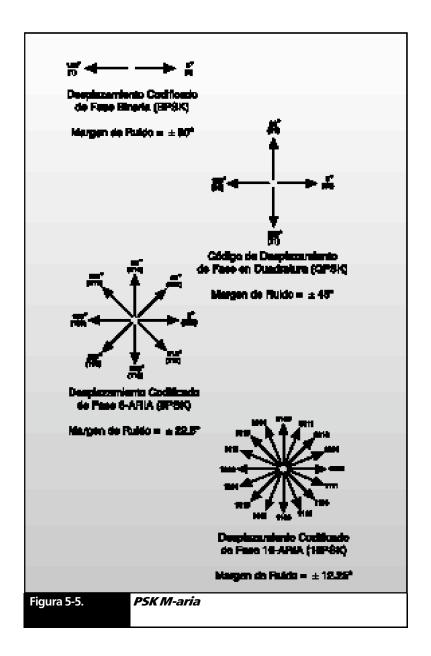
El Código de Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK), o PSK 4-aria, se representa con cuatro flechas distribuidas alrededor de un círculo de manera que cada una esté a 45° de la otra. Debido a que en esta modulación se utilizan cuatro estados de fase, cada una de estas fases puede representar dos bitios de información. Avanzando en sentido antihorario alrededor del círculo, estos bitios son (00), (01), (10) y (11). Esta representación multibitio por fase es la clave para mayores velocidades de datos, ya que cada fase re presenta dos bitios en lugar de solamente uno.

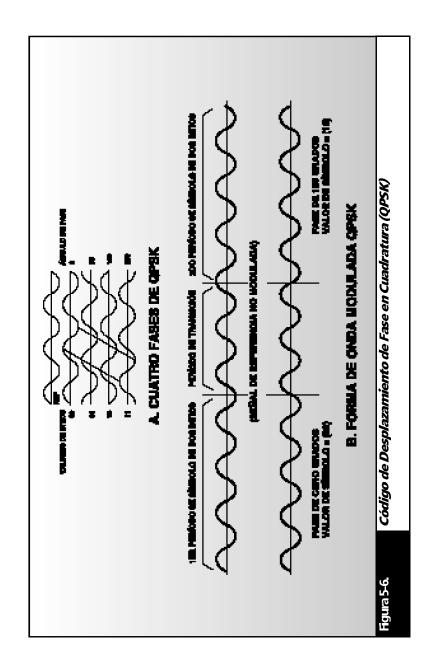
La figura muestra también modulación PSK 8-aria, en la cual cada fase representa tres bitios. Finalmente, se muestra la modulación PSK 16-aria. Cada fase representa cuatro bitios de información. En un canal de radio sin ruido, la modulación PSK 16-aria tiene una velocidad de datos que es cuatro veces más rápida que BPSK debido a que cada estado de modulación de fase representa cuatro veces más bitios.

QPSK de Fase Continua

La Figura 5-6a ilustra cómo lucen las formas de onda de QPSK para cada uno de los cuatro estados de modulación posibles de (00), (10), (10) y (11). Cada uno de estos pares de bitios representa un símbolo de código.

La Figura 5-6b ilustra una forma de onda QPSK que cubre dos períodos de símbolos en los cuales los símbolos cambian de (00) a (10). Nótese que aunque ésto requiere un desplazamiento de 180°, no existe una repentina discontinuidad en la forma de onda. Esto se debe a que un período de transición igual a la mitad del período de símbolo ha sido tomado para cambiar gradualmente la fase. Pese a que esto disminuye la velocidad de datos, el tiempo adicional es compensado por la disminución en la





discontinuidad del ruido por radiaciones espurias y por la interferencia entre símbolos presente.

Margen de Ruido

El problema con las formas de onda PSK con M = a 8 o 16 es que la diferencia en fase entre cada estado de modulación es muy pequeña. Por ejemplo, en PSK 8-aria y 16-aria, la diferencia de fase entre los símbolos (0000) y (0001) es solamente 45° y 22.5°, respectivamente. El margen de ruido es solamente la mitad de esos valores debido a que, cualquier ruido que haga aparecer la señal que esté a medio camino entre los valores reales podría producir una decisión dudosa. Por consiguiente, el margen de ruido para PSK 8-aria y 16-aria es solamente de 22.5° y 12.5°, respectivamente.

En un canal ruidoso de radio, esa angosta diferencia de fase es mucho más difícil de detectar que el margen de ruido de 90° de los dos estados de fases posibles en BPSK para los símbolos (0) y (1). Así, aún cuando PSK 16-aria puede ser cuatro veces más rápido que BPSK en un canal perfecto, podría ser totalmente ilegible en un canal ruidoso.

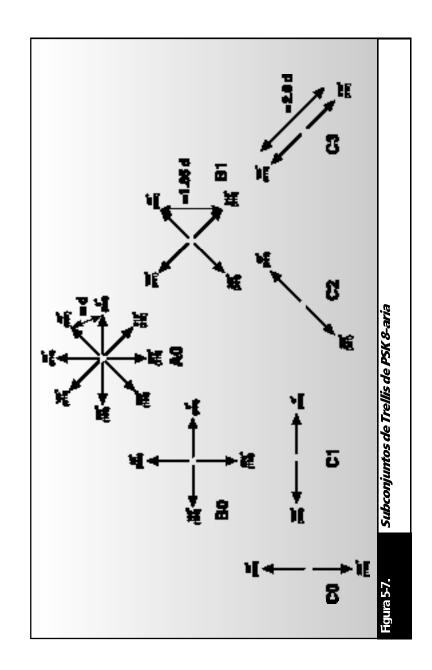
La diferencia de fase entre los estados de fase adyacentes en un esquema PSK se llama "margen de ruido". Mientras más grande es el margen de ruido, la transición de símbolo es más inmune al mismo.

BPSK puede ser lento, pero es muy robusto en un canal ruidoso.

Modulación Codificada de Trellis (TCM)

La Figura 5-7 (A0) es una representación de un diagrama de fase PSK 8-aria en donde la distancia lineal entre las flechas de puntos de fase adyacentes está marcada con (d). Como se indica anteriormente, el margen de ruido correspondiente a esta distancia es de 22.5°. El término "distancia" es otra forma de referirse al margen de ruido.

La distancia entre símbolos consecutivos en un flujo de datos puede ser maximizada mediante la partición en subconjuntos de códigos que tengan una distancia incrementada entre sus elementos. Partiendo desde una constelación PSK-8 (en la Figura 5-7 A0), podemos crear dos subconjuntos PSK-4 tomando cada punto de señal en el círculo y poniéndolos en un conjunto y el resto de puntos de la señal en otro conjunto (conjuntos B0 y B1). La distancia entre fases adyacentes en cada uno de estos conjuntos es de 1.85 veces (d).



Cada uno de los conjuntos PSK-4 resultantes puede más adelante ser particionado en dos subconjuntos BPSK (C0, C1 y C2, C3). La distancia entre los dos puntos de la señal en cada subconjunto BPSK es 2.6 veces (d). Considerando todas las combinaciones de fases para cada constelación, existe un total de seis subconjuntos del conjunto básico de señal PSK-8.

A cada selección de subconjuntos, incluyendo la selección de uno de los símbolos BPSK en el último conjunto, se le asigna un valor en bitios hasta un total de tres bitios. Debido a que cada bitio tiene una distancia de señal diferente asociada con él, cada bitio tiene una diferente probabilidad de error

Los bitios con la mayor probabilidad de error son codificados en subconjuntos con una mayor distancia entre bitios. La codificación hace que la señal sea diferente entre símbolos múltiples, debido a la entrada de bitios en el símbolo actual. La distancia es entonces medida sobre los varios intervalos de símbolos permitiendo que la señal "construya" mayor distancia para cualquier decisión de bitios.

Este proceso de partición de subconjuntos y codificación se denomina "Modulación Codificada de Trellis". Este concepto básico puede ser extendido a una señal PSK 16-aria con una velocidad de bitio de hasta 64 kbps en un canal de radio con un ancho de banda de 25 KHz.

RESUMEN

- La transmisión de datos requiere del uso de modems para convertir los datos digitales a señal de RF en transmisión y convertir nuevamente la señal de RF a forma digital en recepción.
- Los modems de radio se clasifican en FSK de baja velocidad, de tono paralelo de alta velocidad y de tono serial de alta velocidad.
- Los modems de tono serial proporcionan comunicaciones de datos altamente mejorados, incluyendo mayor velocidad de datos con una poderosa corrección anticipada de erro res (FEC), gran robustez y reducida sensibilidad a la interferencia.
- Los sistemas FEC proveen corrección de errores sin la necesidad de un enlace de ret o rro
- Intercalación es una técnica; es mayormente utilizada para canales HF que hacen aleatorias las ráfagas de error, permitiendo a los sistemas FEC trabajar más eficientemente.
- La decodificación de decisión transitoria reduce aún más las velocidades de bitios errados, comparando un grupo de símbolos que retienen su característica analógica contra el grupo de palabras codificadas posiblemente transmitidas.
- Un vocoder convierte las señales de voz en datos digitales para transmisión codificada sobre canales HF.
- La ecualización automática de canales y el filtrado adaptivo de excisión son técnicas de procesamiento de señales que mejoran el rendimiento de las comunicaciones de datos.
- El Código de Desplazamiento de Fase M-ario es un método para incrementar la velocidad de datos en las transmisiones de radio. La "M" significa el número de fases utilizadas en el esquema de modulación.
- La Modulación Codificada de Trellis (TCM) es una técnica de codificación que proporciona una capacidad máxima de velocidad de datos a los flujos de datos PSK por mejoramiento del margen de ruido.

CAPÍTULO

6

SATCOM - COMUNICACIONES SATELITALES EN UHF

I incremento en los requerimientos de mayor movilidad de las tropas ha dado paso a la tendencia de adoptar los sistemas de radio multibanda y multimodo. Mientras la tecnología permite la producción de equipos de radio más pequeños y más livianos, la capacidad de las comunicaciones en general no ha mantenido la demanda. La necesidad de flexibilidad, seguridad y confiabilidad de las radiocomunicaciones terrestres continúa siendo un problema crítico.

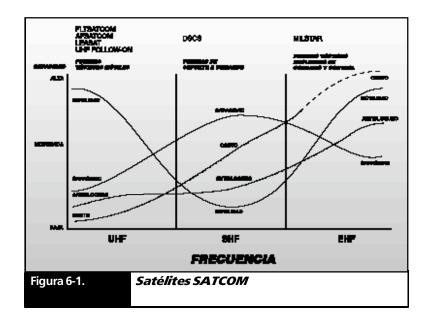
Las dos limitaciones más significativas del uso del radio son el congestionamiento del espectro de frecuencias y los límites físicos en la propagación de las ondas de radio. El desarrollo y la utilización de satélites de comunicaciones son un intento de vencer estas limitaciones.

Aún cuando existe una necesidad para radios HF, VHF y UHF en el ambiente táctico, existe también una necesidad para diferentes tipos de sistemas satelitales. Estos pueden ser agrupados por bandas de frecuencia tales como: Ultra Alta Frecuencia (UHF), Super Alta Frecuencia (SHF) y Extra Alta Frecuencia (EHF). La Figura 6-1 resume las principales características de estos tres grupos.

La Figura 6-1 muestra que las características sobresalientes del grupo UHF son la movilidad de las terminales terrestres y su costo relativamente más bajo. Este es el grupo utilizado por las fuerzas tácticas móviles de los Estados Unidos de América. Los comentarios sobre SATCOM en este volumen se limitarán a este sistema Satelital en UHF.

Un Satélite de Comunicaciones es una Repetidora de Radio

Así como los teléfonos celulares utilizan las repetidoras de radio ubicadas en torres y en edificios altos para incrementar la cobertura, los



transceptores SATCOM alcanzan cobertura utilizando las repetidoras de radio colocadas en los satélites.

Técnicamente, cualquier radio terrestre que no tenga obstrucciones sobre él se encuentra en la línea de vista (LOS) de un satélite que esté sobre el horizonte. En el Capítulo 2 se enfatiza la ventaja que se obtiene con la altura de la antena al extender la distancia de LOS. Un satélite es la mejor torre para antenas.

UHF es la frecuencia candidata por excelencia para contactar un satélite debido a que puede penetrar la atmósfera y la ionósfera con una pequeña atenuación.

Frecuencias de Enlaces Ascendentes y Descendentes

La función de una repetidora es la de recibir una señal de radio en una frecuencia en particular, amplificarla y luego convertirla en otra frecuencia para volverla a difundir. Las trayectorias de radio que suben y bajan de un satélite se conocen como enlaces ascendentes y descendentes.

Serequieren diferentes frecuencias en los enlaces ascendentes y descendentes para evitar la realimentación entre el transmisor satelital y el receptor. El rango de frecuencias de un enlace ascendente UHF va de 292.95 MHz a 310.95 MHz, mientras que el rango de frecuencia de un enlace descendente va de 250.45 MHz a 269.95 MHz.

Las frecuencias de enlaces ascendentes y descendentes van en pares dentro de grupos de canales específicos y planes de frecuencia dentro de ese grupo. Por ejemplo, Canal 2, Plan A, especifica una frecuencia de enlace ascendente de 251.95 MHz y una frecuencia de enlace descendente de 292.95.

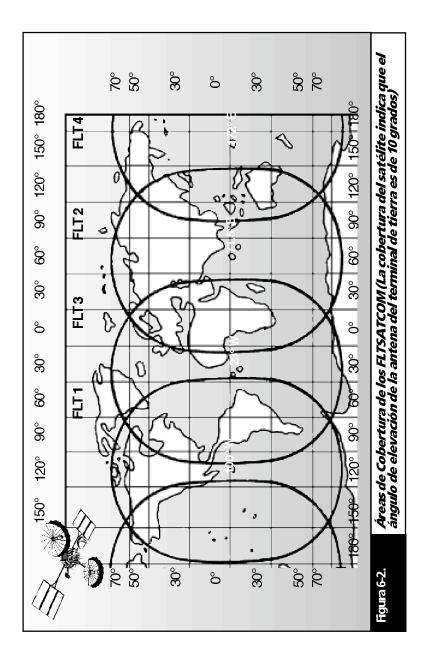
Los transceptores SATCOM pueden ser programados de tal forma que cuando se seleccione el modo SATCOM, el transceptor ajustado en un canal específico pueda escoger automáticamente la frecuencia correcta para enlace ascendente y descendente tanto para transmitir como para recibir.

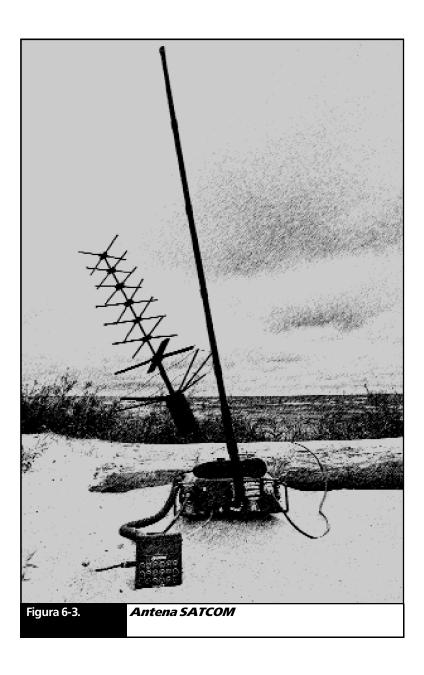
La Orbita Geoestacionaria y Área de Cobertura

Las leyes físicas determinan que la velocidad de una órbita satelital estacionaria depende de su distancia sobre la Tierra. Si se coloca un satélite en una órbita estacionaria a 35.786 kilómetros sobre el ecuador, éste deberá viajar lo suficientemente rápido para rotar alrededor de la Tierra en 24 horas. Ya que ésta es exactamente la misma velocidad a la que gira laTierra, un satélite colocado en esa órbita levitará en el mismo lugar sobre la Tierra ya que los dos están rotando juntos. A esto se le llama órbita geoestacionaria. Los satélites más cercanos a la Tierra deberán viajar más rápido para permanecer en órbita y sus ubicaciones podrían desplazarse hacia el Este alrededor de la Tierra.

La gran ventaja de tener un satélite de comunicaciones en órbita geoestacionaria es que se dispone de una área de cobertura fija con un enorme LOS. La Figura 6-2 representa áreas de LOS superpuestas creadas teniendo cuatro satélites distribuidos uniformemente alrededor de la Tierra sobre el ecuador. Estas áreas de LOS se llaman áreas de cobertura del satélite. Cuatro de estos satélites proporcionan áreas de cobertura que abarcan la Tierra desde latitudes de 70° al Norte hasta 70° al Sur.

Un transceptor terrestre ubicado en algún lugar dentro de una área de cobertura puede enlazar con el satélite asociado y luego de regreso hacia cualquier otro transceptor localizado dentro del área de cobertura. Por





ejemplo, la Figura 6-2 muestra que un transceptor ubicado en algún punto en América del Norte puede enlazarse con un transceptor localizado en algún lugar en América del Sur.

Muchas ubicaciones se encuentran bajo dos áreas de cobertura adyacentes. Esto posibilita escoger entre dos opciones de trayectorias satelitales. Por ejemplo, un transceptor ubicado cerca a la Costa Este de los Estados Unidos se encuentra dentro de las áreas de cobertura de dos satélites FLT1 y FLT3. El área de cobertura de FLT3 incluye a toda Europa y África. Teniendo la posibilidad de utilizar estas dos áreas de cobertura proporciona un rango que incluye la mayor parte de los Estados Unidos, América del Sur, Europa y África.

Con el uso de las estaciones terrestres de repetición, el alcance de comunicaciones de un transceptor SATCOM puede tener cobertura mundial

Antenas SATCOM

Las malas noticias sobre satélites geoestacionarios es que deben estar a 35.786 kilómetros sobre el ecuador. Esta es una muy larga distancia de LOS para un transceptor de UHF de relativa baja potencia. (Los transceptores de mochila SATCOM están generalmente limitados a 20 vatios o menos de potencia de transmisión de la señal.)

Las buenas noticias sobre satélites geoestacionarios es que se conoce su ubicación exacta, de manera que la dirección de LOS hacia el satélite puede ser calculada desde cualquier lugar dentro de su área de cobertura.

Para obtener un buen balance de estas buenas y malas noticias, las antenas utilizadas para el trabajo de SATCOM son direccionales (Figura 6-3). Esto significa que son construidas con un reflector similar a aquellos utilizados en una linterna para focalizar el haz. Mediante la focalización del haz de una antena direccional, se puede intensificar la potencia efectiva radiada en cuatroveces o más. Las tropas de tierra en un determinado teatro de operaciones conocen exactamente el rumbo magnético (acimut) y la elevación de tal forma de posicionar la antena directamente hacia el satélite deseado

Para conseguir un mayor margen de enlace, para las aplicaciones de estaciones vehiculares y fijas usualmente se incluye un adaptador que

provee amplificación de la señal de transmisión del radio de mochila a 50 vatios.

Características del Canal UHF SATCOM

Como un ejemplo de las características del canal UHF SATCOM, la Armada de los Estados Unidos tiene un grupo de satélites denominados "Fleet SATCOM" (FLTSATCOM). Las capacidades de los canales de los satélites FLTSATCOM son las siguientes:

- Un canal de enlace descendente de 25 KHz con un enlace ascendente especial de 15 KHz SHF dedicado para la difusión de la Flota Naval.
- Nueve canales de radioenlace de 25 KHz para uso general.
- Doce canales de banda angosta de 5 KHz para la Fuerza Aérea.
- Un canal de banda ancha de 500 KHz para uso especial del Departamento de Defensa (DOD).

El canal de difusión de la flota arriba mencionado es un canal de una vía, de costa a barco, de 25 KHz de ancho de banda, que sporta 15 circuitos TDM (Multicanalización por División de Tiempo) para teletipo, a 100 palabras por minuto. Su enlace ascendente es transmitido como una señal SFH protegida contra bloqueo intencional, que es luego procesada por circuitos dentro del satélite y convertida a una frecuencia en UHF para un enlace descendente.

Los nueve canales de 25 KHz para uso general están dedicados a señales moduladas en FM. Cualquier forma de onda de datos que resulte en una señal FM de 25 KHz de ancho de banda, puede hacer uso de las ventajas de estos canales.

Acceso Múltiple Asignado por Demanda (DAMA)

Los pocos canales disponibles de cada satélite requieren que se ejerza un control estricto para ser compartidos. Cada teatro de operaciones tiene un Centro de Administración Satelital (SMC) que está ubicado lejos de la zona de batalla inmediata, pero se encuentra dentro de la distancia de comunicaciones de los que están en esa zona. Una operación que requiere el uso de SATCOM deberá conseguir un plan aprobado por el SMC. Este plan incluye canales específicamente designados y protocolos de acceso a los canales.

Uno de los protocolos ampliamente utilizados es DAMA (Acceso Múltiple Asignado por Demanda). Esta es una técnica que combina las demandas del usuario con el tiempo disponible del satélite.

Los canales satelitales están agrupados como un activo voluminoso y DAMA asigna a los usuarios espacios de tiempo variables que combinan con los requerimientos de transmisión de información del usuario, quien no se percata de diferencia alguna — siente que tiene uso exclusivo del canal. El incremento en la disponibilidad de redes o usuarios al utilizar DAMA depende del tipo de usuario. DAMA es más efectivo cuando existen muchos usuarios que trabajan a bajos o moderados ciclos de operación. Esto describe varias redes tácticas; por consiguiente, DAMA es particularmente efectivo con los sistemas TACSAT.

La eficiencia de DAMA depende también de cómo está formateado el sistema. El formateo de un sistema DAMA es de cómo se controla el acceso. El mayor incremento de usuarios se obtiene a través de acceso ilimitado. Este formato configura el uso del canal en la base de "el primero que ingresa, el primero en ser atendido". Otros tipos de formatos son el acceso prioritario en cola y el acceso por porcentaje mínimo.

La técnica de acceso prioritario en cola es adecuado para redes tipo comando, mientras que el acceso por porcentaje mínimo se presta para las redes logísticas o de soporte. Independientemente del formato, DAMA generalmente incrementa por cuatro la capacidad del satélite en comparación con la operación en canales dedicados normales.

RESUMEN

- Existen satélites militares en UHF, SHF y EHF.
- Los satélites UHF se utilizan para maniobras tácticas militares, que incluyen a las furezas de tierra, a la armada y a la fuerza aérea.
- El área de cobertura de un satélite es el área total de la Tierra para la cual existe una trayectoria LOS.
- Un transceptor UHF SATCOM puede enlazarse con cualquier satélite mientras se encuentre dentro de su área de cobertura.
- El uso de múltiples áreas de cobertura y de estaciones repetidoras en tierra pueden extender el alcance de SATCOM a casi todo el mundo.
- El Centro de Administración Satelital (SMC) regula y asigna los recursos del satélite a los usuarios.
- Las antenas direccionales deben ser utilizadas con los transceptores UHF SATCOM.
- El Acceso Múltiple Asignado por Demanda (DAMA) es una forma de repartir los recursos disponibles del satélite de manera eficiente.

CAPÍTULO 7

COMUNICACIONES CON SEGURIDAD

a seguridad en la información se está convirtiendo en alta prioridad para el comercio alrededor del mundo. Con el dramático incremento de las comunicaciones electrónicas y del comercio electrónico, ha habido un aumento pro gresivo en el uso malicioso de la información. En este capítulo discutiremos la seguridad en las comunicaciones (COMSEC), esto es los métodos que mantienen la seguridad de las mismas. Hablaremos también acerca de la seguridad en transmisión (TRANSEC) — esquemas que hacen difícil que alguien interæpte o interfiera sus comunicaciones.

COMSEC

COMSEC utiliza las técnicas de mezclado o criptográficas con el fin de hacer ininteligible la información a personas que no tienen la necesidad de conocerla o a quienes no deben conocerla. Aquí diferenciamos las técnicas criptográficas o de cifrado aplicadas a las señales digitales y las técnicas de mezclado aplicadas a las señales analógicas.

Criptografía es el proceso de encriptar (traducir) la información de un mensaje aparentemente aleatorio en el transmisor y luego decifrar el mensaje aleatorio descriptándolo en el receptor.

Históricamente, la información delicada ha sido protegida mediante la utilización de códigos. El remitente podía codificar manualmente el mensaje antes de transmitirlo y el destinatario lo descodificaba manualmente al recibirlo. En la actualidad, las técnicas electrónicas permiten que el proceso de codificar/descodificar ocurran automáticamente.

El proceso se basa en el uso de un algoritmo matemático acoplado con una clave, para traducir la información de estado claro a estado encriptado. Si

la información delicada es transmitida sin protección criptográfica y es interæptada, se requerirá de un pequeño esfuerzo o recurso para entender lo transmitido. El Gobierno de los Estados Unidos ha establecido estándares para el grado de protección requerido en los diferentes niveles de confidencialidad e información delicada.

En los sistemas de comunicaciones de voz que no requieren de seguridad extremadamente alta, se puede proteger contra escuchas casuales mediante el mezclado. El mezclado, como una técnica analógica de COMSEC, utiliza la separación de la señal de voz en un número de subbandas de audio, desplazando cada una hacia un rango diferente de frecuencia de audio y combinando las subbandas resultantes en una salida de audio compuesto que modula al transmisor. Un patrón aleatorio controla el desplazamiento de la frecuencia. La técnica de mezclado del patrón es similar al envío de un mensaje con un anillo de descodificación, como los que a veces se encuentran en las cajas de cereal para niños. Usted puede, por ejemplo, designar que la letra g sea cifrada como l, a como o, t como s y o como t, de modo que cuando reciba el mensaje lost, usted lo descodifique como gato. La reversión de la mezcla sucede en el receptor invirtiendo el proceso. En la era digital actual, la codificación analógica ha dado paso a la encripción digital.

Encripción Digital

Con el fin de encriptar digitalmente la transmisión, la información de voz analógica deberá primeramente digitalizarse mediante un VOCODER (como se menciona en el Capítulo 5), que convierte la señal en flujo de datos binarios.

El flujo de datos binarios es luego aplicado a lo que se llama un "motor criptográfico." Este es un procesador que crea un flujo de números binarios no repetitivos extremadamente grande, basado en un algoritmo matemático complejo y en una clave de encripción de tráfico (TEK). TEK es un número binario que se utiliza para control del algoritmo.

La suma binaria es entonces utilizada en bitio por bitio para fusionar el flujo criptográfico con el flujo de datos. Un flujo binario creado en esta modalidad es inherentemente impredecible y contiene poca semejanza con el flujo de datos original. Es entonces cuando se llama datos encriptados o texto cifrado. La deencripción puede únicamente ser completada

conociendo el algoritmo y la clave de encripción de tráfico (TEK) y luego invirtiendo el proceso de encripción.

La fortaleza de la encripción de datos es una función de la complejidad del algoritmo matemático acoplado con TEK (a veces llamada solamente clave). La protección de la clave es vital.

Aún si una organización no autorizada consigue ingresar a la información encriptada y tiene el algoritmo, continúa siendo imposible descriptar la información sin la clave. El Gobierno de los Estados Unidos ha desarrollado procedimientos rigurosos en el manejo de claves para proteger, distribuir, almacenar y desechar las claves.

En el pasado, las claves eran cargadas manualmente en un dispositivo criptográfico utilizando una cinta reperforada, un medio magnético o un dispositivo enchufable de transferencia. La creación y la entrega segura de las claves a cada usuario constituyeron problemas significativos tanto en el mantenimiento logístico como en los registros.

Uno de los sistemas para manejo de claves utilizado en el sector comercial es la criptografía de clave pública. Bajo este estándar, cada usuario genera dos claves. Una es la clave pública "Y" y otra es la clave privada "X". El valor de Y se deriva del valor de X. La fortaleza de tal sistema radica en la dificultad de despejar X de Y; lo que es encriptado con la clave Y puede únicamente ser descriptado con la clave X. Diseminando abiertamente la clave pública Y del usuario y manteniendo el acceso único a la clave privada X, cualquier persona puede enviarle un mensaje seguro encriptándolo con su clave pública Y. Usted es el único, sin embargo, quien puede descriptar el mensaje, ya que únicamente usted tiene la clave privada X.

En una red que utilice este sistema de clave pública, son posibles las comunicaciones con seguridad en doble vía entre todos los usuarios de la red. Esto se llama sistema de claves asimétricas. La alternativa es un sistema de claves simétricas, en el cual la misma clave encripta y descripta los datos. Debido a que tanto el originador como todos los receptores deben tener las mismas claves, este sistema ofrece los más altos niveles de seguridad. Harris ha liderado el camino en el desarrollo de los medios electrónicos de avanzada tecnología para asegurar y distribuir material crítico para estos sistemas de comunicaciones basados en claves simétricas.

Un reciente desarrollo aplicable a las redes de radio emplea la técnica de Reconmutación a Través del Aire (OTAR). Esta técnica casi elimina la necesidad de cargar manualmente las claves, resultando en un manejo seguro de las mismas.

La técnica OTAR se basa sobre un sistema benigno de distribución de claves. Incluye una llave de clave de encripción (KEK) utilizada para encriptar la clave de encripción de tráfico (TEK) y cualquier otra clave operacional COMSEC o TRANSEC. Este proceso se conoce como "envoltura", para diferenciarlo de la encripción de tráfico. KEK es la única clave que debe ser cargada inicialmente en las unidades de transmisión y recepción. Usualmente, se carga un conjunto inicial de claves operacionales al mismo tiempo.

Luego de la envoltura, una distribución subsecuente puede usar cualquier medio físico o electrónico. En un sistema OTAR, las claves envueltas son insertadas en un mensaje y enviadas en un enlace de radio a la estación prevista, utilizando protocolos de transmisión libres de error (un erro r puede inutilizar las claves). El enlace utilizado para transmisión es usualmente protegido por la clave TEK en uso al momento. Consiguientemente, el material clave es doblemente protegido al ser enviado a través del aire, eliminando prácticamente cualquier posibilidad de compometerlo.

TRANSEC

TRANSEC emplea un número de técnicas para prevenir la detección de la señal o el bloqueo de la trayectoria de transmisión. Estas técnicas incluyen, esconder la transmisión de radio o convertirlo en un objetivo móvil.

Los sistemas de Baja Probabilidad de Detección (LPD) ocultan la transmisión de radio transmitiendo en potencias muy bajas, o extendiendo la señal sobre un amplio ancho de banda de modo que el ruido natural en el medio ambiente oculte la señal

La técnica TRANSEC más comúnmente usada es la de salto defrecuencia. En este sistema, la frecuencia de transmisión cambia tan rápidamente bajo un algoritmo complejo de tal forma que es difícil para cualquier persona no autorizada escuchar la señal o bloquearla. El receptor es sincronizado de modo que salte de frecuencia en frecuencia, al unísono con el transmisor. El sistema de claves TRANSEC modifica el algoritmo de salto, de tal forma

que solamente los transmisores y receptores que utilizan la misma clave pueden comunicarse.

El salto de frecuencia dispersa la inteligencia en varios cientos de frecuencias discretas. Un operador de radio que escuche en una de estas frecuencias podría escuchar un pequeño "ruido" de la estática. Un receptor de banda ancha podría talvez capturar todas estas pequeñas ráfagas; sin embargo, la tarea de escoger estas ráfagas de entre otros bitios de ruido natural y los creados por el hombre podría ser frustrante y requeriría el trabajo de muchas horas de un grupo de expertos, solamente para reconstruir una corta conversación.

El bloqueo de un canal tendría un impacto mínimo en el comunicador de salto. Para interceptar efectivamente un radio con salto de frecuencia, la mayoría o todas las frecuencias que utiliza el comunicador de salto tendrían que ser bloqueadas, de forma de prevenir también el uso de aquellas frecuencias. Los transceptores AN/PRC-117, AN/PRC-138, Falcon y Falcon II de Harris Corporation, son altamente calificados por sus capacidades de salto de frecuencia.

Certificación de la Agencia de Seguridad Nacional (NSA)

La inclusión de técnicas COMSEC y TRANSEC en equipos de radiorequiere de prácticas rigurosas de diseño para asegurar que ni siquiera una mínima cantidad de la señal no encriptada sea transmitida de forma inadvertida junto con la señal encriptada.

Por ejemplo, una señal de voz analógica aplicada a la entrada de un radio tiene la tendencia de ocasionar ligeras fluctuaciones en la fuente de poder del radio que pueden realmente modular en amplitud la salida del amplificador de potencia del mismo. Si esto ocurre, un receptor sensible puede detectar la señal de audio no encriptada.

Teniendo el enemigo una copia de un mensaje original y de uno encriptado, no solamente que le da el mensaje específico no encriptado, sino que pone en peligro toda señal transmitida utilizando la clave TEK y el algoritmo.

De forma similar, el flujo criptográfico creado por el dispositivo COMSEC puede "fugarse" hacia la salida a través de la fuente de poder o debido a

blindaje interno inadecuado. Si el enemigo tiene una copia del flujo criptográfico, puede ser utilizado para descodificar los datos encriptados.

Para evitar éstos y otros problemas similares, debe diseñarse una interfaz impenetrable en el radio y en los módulos de COMSEC y TRANSEC que mantienen las señales no encriptadas totalmente separadas de los circuitos que generan la señal de radiofrecuencia. A aquellos circuitos que están asociados con señales de entrada no encriptadas se los denomina "Rojos." A aquellos asociados con las señales encriptadas se los llama "Negros." La interfaz Rojo/Negro es la barrera entre ellos.

Con el objeto de que un fabricante provea módulos COMSEC y TRANSEC y radios para utilización en niveles superiores por parte del Gobierno de los Estados Unidos, deberá diseñarse un cuidadoso programa de pruebas el que luego será aprobado por la Agencia de Seguridad Nacional (NSA). Posteriormente, los radios son probados meticulosamente por expertos de NSA con el fin de asegurarse que ni una mínima parte de una señal no encriptada se escape en el flujo de la señal de radiofrecuencia. Solamente después de haber pasado con éxito varias pruebas, puede una compañía ser certificada para producir equipamiento criptográfico de tan alto grado.

Harris Corporation, RF Communications Division, es un proveedor de productos certificado por la NSA y es el suministrador preferido de seguridad en la información del Gobierno y del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Es un líder en el desarrollo y producción del Gobierno de los Estados Unidos y en productos de seguridad exportables. La compañía proporciona también una línea completa de productos de seguridad para los mercados extranjeros. Los radios Harris tienen una gran variedad de modernos dispositivos con opciones COMSEC y TRANSEC. Estos dispositivos están disponibles como módulos para ser incorporados en equipos OEM.

Presidio

Presidio es un módulo COMSEC, incorporable, de alta velocidad, dúplex o semidúplex para el Gobierno de los Estados Unidos, utilizado para voz digital con seguridad o para tráfico de datos a través de radio, línea física u o tros medios de telecomunicaciones. Presidio tiene la capacidad para encripción/deencripción de datos a velocidades de E1 (2.048 Mbps). Presidio ofrece a los fabricantes de equipamiento COMSEC un amplio rango de características de interoperabilidad y manejo de claves así como

tamaño reducido, peso y número de unidades requeridas, lo que hace que la certificación Tipo 1 sea un proceso más fácil.

CITADELTM

El motor criptográfico CITADEL provee protección de alto grado para clientes domésticos e internacionales en todos los medios de comunicaciones modernos. Está disponible con claves de longitud configurables y opciones de múltiples algoritmos, lo que hacen de CITADEL una solución ideal de encripción a mercados de exportación para un amplio rango de productos de comunicaciones. El dispositivo CITADEL acepta las funciones de COMSEC y TRANSEC permitiéndolo adaptarse virtualmente a cualquier ambiente de comunicaciones.

Sierra™

El módulo Sierra cubre la necesidad de una tecnología de encripción que combina las ventajas de seguridad de alto grado del gobierno con la eficiencia en costo de un módulo de encripción reprogramable producido comercialmente. Provee una solución de seguridad común a usuarios que pueden adoptar diferentes personalidades de encripción dependiendo de la misión que ha sido programada.

RESUMEN

- COMSEC utiliza criptografía o codificación para hacer ininteligible la información a personas que no necesitan conocerla o a quienes no deben conocerla.
- El nivel de seguridad de un sistema COMSEC depende de la complejidad matemática de los algoritmos y del número de variables en la clave.
- La protección de la clave es vital para asegurar la información transmitida.
- La criptografía de clave pública es ampliamente utilizada en el sector comercial.
- La Reconmutación a Través del Aire (OTAR) elimina la necesidad de cargar manualmente las claves, permitiendo un método más seguro de gerencia de claves.
- TRANSEC protege la señal transmitida, con el fin de prevenir detección de la señal o bloqueo de la trayectoria de transmisión.
- Los sistemas con Baja Probabilidad de Detección (LPD) utilizan espectro extendido y otras técnicas para "esconder" la señal bajo del nivel de ruido natural.
- Los sistemas de radio con salto de frecuencia saltan rápidamente al unísono, de una frecuencia a otra en patrones aparentemente aleatorios, utilizando una referencia común de tiempo.
- Presidio, CITADEL y Sierra son motores modernos de COMSEC y TRANSEC.

CAPÍTULO



SISTEMAS Y APLICACIONES

I diseñador de los sistemas de comunicaciones de la actualidad utiliza las herramientas de HF, VHF, UHF y SATCOM y capitaliza las capacidades únicas que cada una aporta para el trabajo. El radio HF ofrece una combinación sin igual de costo-eficiencia y versatilidad para comunicaciones de largo alcance, mientras que los productos de radio VHF/UHF aportan con soluciones para los requerimientos clásicos de comunicaciones de línea de vista.

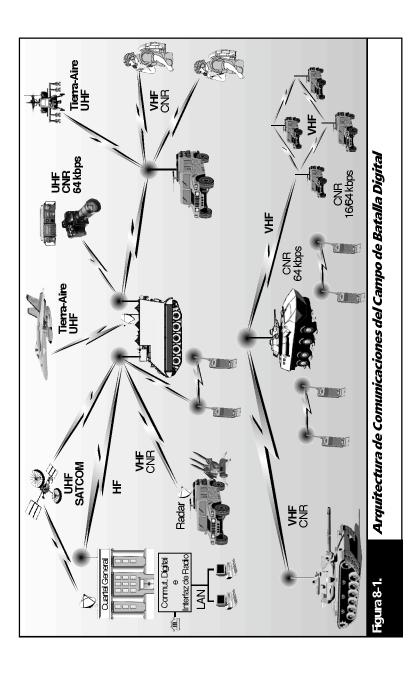
Desarrollos recientes en el procesamiento digital de señales y la miniaturización en la fabricación han forzado a una tecnología de equipos más pequeños, más livianos y menos costosos. Las plataformas de radio basadas en software son ahora capaces de resolveræquerimientos complejos de los sistemas. Este capítulo tratará solamente sobre algunas de las muchas posibilidades de sistemas modernos de radio disponibles en la actualidad.

El Campo de Batalla Digital

La Figura 8-1 ilustra un campo de batalla con arquitectura de red de comunicaciones modernas, que utiliza las tecnologías SATCOM, UHF, VHF y HF.

Los vehículos de comunicaciones móviles proveen un núcleo de actividad que recibe y retransmite señales de radio que cubren la totalidad del espectrodisponible. Los Radios VHF de Red Táctica de Combate (CNR) proporcionan comunicaciones terrestres LOS entre patrullas, mientras que los radios UHF proveen el mismo tipo de soporte cercano para comunicaciones tierra-aire.

Los radios Harris VHF/UHF son interoperables con todas las formas de onda comunes utilizadas en aeronaves. El operador puede fácilmente programar



los canales en frecuencias para una red tierra-aire, en texto en claro AM o FM, así como también en texto cifrado AM o FM.

Los radios HF y SATCOM ofrecen comunicaciones de larga distancia desde la línea del frente hasta el teatro de operaciones. Este tipo de red de comunicaciones tácticas cubre distancias que varían entre 80 y 2.500 kilómetros.

Los elementos individuales de esta red incluyen capacidades de salto de frecuencia, encripción y Establecimiento Automático de Enlace (ALE) en HF.

Los requerimientos de red dictaminan que los enlaces sean provistos entre centros fijos de operaciones e instalaciones fijas para regiones y zonas militares casi permanentes. Estas provisiones se efectúan para comunicaciones entre centros de operaciones y fuerzas de tarea en instalaciones fijas, o no permanentes.

Los escalones menores de comunicaciones tienen una combinación de equipamiento fijo, móvil y portátil. El manejo de frecuencias de la red es responsabilidad del centro de operaciones.

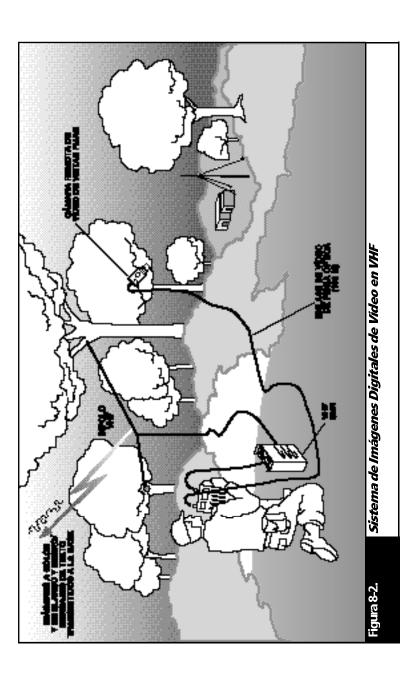
Imágenes de Vídeo

Las consideraciones de ancho de banda en VHF/UHF soportan de 16 a 64 kbps dentro de un canal típico de 25 KHz, mejorando la velocidad en la cual una cadena de texto, un archivo o documento puede ser enviado.

La Figura 8-2 muestra un escenario en el que una cámara fija de vídeo no atendida envía imágenes a un terminal de imágenes a través de un enlace de fibra óptica. El terminal captura y digitaliza la imagen y envía los datos hacia un modem en el transceptor, el cual retransmite los datos a la base. Las comunicaciones pueden ser a través de un enlace de dos vías que utiliza un protocolo ARQ para obtener transmisión libre de erro res de la imagen o un enlace de una vía en el cual la codificación FEC reduce la probabilidad de error en el mensaje recibido.

Las altas velocidades de datos para imágenes con detalles o mapas acortan el tiempo en el aire requerido para pasar este tipo de archivos.

El Sistema Universal de Transmisión de Imágenes de Harris (HUITS), un producto para imágenes digitales, optimiza la compresión de imágenes



digitales y utiliza un protocolo ARQ específicamente diseñado para transmisión en canales tácticos de radio.

Sistema Telefónico VHF/UHF

Un enlace de radio VHF o UHF amplía el alcance de una red telefónica al campo de batalla, como se ilustra en la Figura 8-3. El sistema telefónico permite al usuario realizar llamadas hacia y desde transceptores móviles de radio en el campo hacia redes de conmutadores telefónicos comerciales o suscriptores de líneas telefónicas privadas.

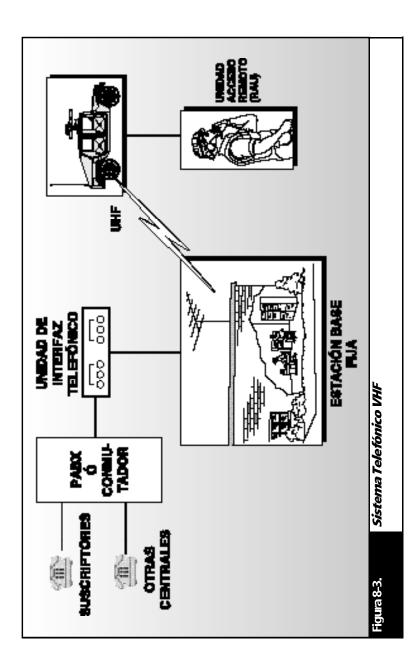
Las llamadas desde el campo pueden ser efectuadas por HF, VHF o UHF a cualquier lugar del mundo a través del conmutador telefónico de la estación base. Para iniciar una llamada, el usuario ingresa un número telefónico, exactamente de la misma forma como si la Unidad de Acceso Remoto (RAU) fuera un aparato telefónico conectado directamente a la central telefónica de la estación base.

En este punto, el número discado es transmitido a través de la unidad RAU a la Unidad de Interfaz Telefónico (TIU). Mientras la unidad TIU disca los dígitos y el teléfono llamado timbra, los tonos de llamadas sucesivas son escuchados por el operador móvil, como si se utilizara un teléfono regular. Con el fin de ponerse en contacto con cualquier persona en el campo, un usuario telefónico disca un número telefónico (o la extensión) al cual está conectada la unidad TIU desde cualquier lugar del mundo. La unidad TIU contesta automáticamente la llamada y el usuario es puesto en contacto di rectamente con el radio en el campo.

Las comunicaciones con seguridad pueden lograrse a través de las interfaces con los dispositivos de encripción existentes en el inventario común. Las altas velocidades de datos disponibles sobre un canal de 25 KHz en VHF mejoran la inteligibilidad de la voz con seguridad en banda ancha.

Correo Electrónico a Través de Radio

El correo electrónico y otras tecnologías para tráfico entre redes están adquiriendo mayor importancia para las comunicaciones internas de oficina. Sin embargo, muchos usuarios encuentran que las comunicaciones entre estaciones remotas son difíciles y/o caras, debido a los altos costos telefónicos o cargos por uso del satélite. Los radios y sistemas de Harris



95

son una excelente alternativa para proportionar estos servicios a usuarios o estaciones distantes. Las aplicaciones típicas incluyen:

- Comunicaciones navales barco-costa y barco-barco
- Comunicaciones con los Ministerios de Relaciones Exteriores
- Operaciones en Petroleras/Gasoductos/Minería

En la discusión a continuación enfocaremos aplicaciones navales; configuraciones similares soportan otros requerimientos de sistemas de comunicaciones con correo electrónico y redes de tráfico interno.

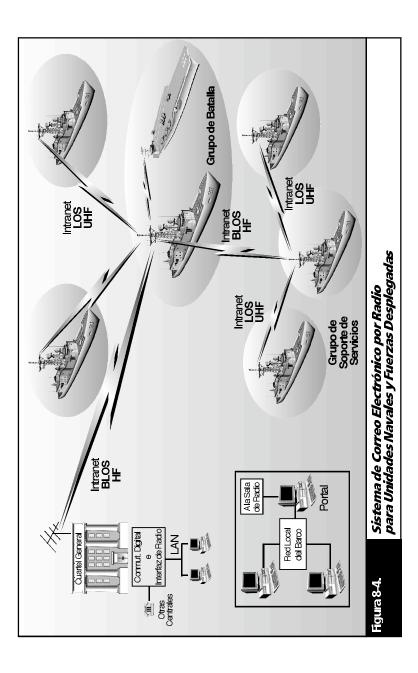
En la Figura 8-4 se ilustra un sistema de correo electrónico por radio para unidades navales y fuerzas desplegadas que respaldan a las comunicaciones navales, incluyendo tráfico administrativo, logístico y canal de servicio.

Las Redes Locales (LAN) dentro de un barco proveen una red intranet con capacidad para correo electrónico entre varias estaciones de trabajo a bordo. Esta red LAN puede también conectarse a un Portal Inalámbrico de Harris (Harris Wireless Gateway), el cual amplía la red intranet utilizando enlaces de radio LOS en UHF con varios barcos del grupo. El Portal HWG permite la transferencia de datos libres de erro res entre aplicaciones comunes de red, tales como correo electrónico y archivos FTP, utilizando redes LAN geográficamente separadas. Los enlaces de radio HF con BLOS de largo alcance, pueden ampliar la red intranet grupal hacia grupos distantes de apoyo o a los centros de control en la costa.

Aplicaciones tales como el Terminal Inalámbrico de Mensajes de Harris (HWMT) hacen que el interfaz con el operador sea casi idéntico al manejo de mensajes de correo electrónico como en un ambiente de oficina. Esto hace que el entrenamiento del personal sea más fácil y el manejo de mensajes más simple.

Consideraciones en el Diseño de Sistemas

Harris Corporation RF Communications Division tiene un departamento de ingeniería de sistemas de comunicaciones con profesionales especializados en el diseño de sistemas "a la medida" para aplicaciones "únicas en su tipo". Los siguientes son algunos factores que nuestros ingenieros de sistemas toman en consideración para el diseño de un sistema moderno de radio.



Definición del sistema

- Quiénes son los usuarios?
- Cuál es su ubicación?
- Son las comunicaciones de una vía o de dos vías?
- Cuáles son los interfaces con otros medios de comunicación?
- Cómo es el ambiente operativo? (hostil o amigable, rural o urbano)

Transferencia de información

- Qué tipo de tráfico existe? (voz, datos, imágenes)
- Difieren los niveles de prioridad dependiendo del origen del mensaje y/o contenido?
- Cuáles son los niveles de seguridad para salvaguardar la información?

Protección y seguridad de mensajes

- Cuál es el tipo correcto de detección y corrección de erro res para datos?
- Qué tipo de COMSEC se necesita?
- Se utilizarán técnicas de espectro extendido o salto de frecuencia para evitar interceptación o bloqueo?
- Es requerido el filtrado de excisión para retirar señales de interferencia?

Disponibilidad del sistema

- Cuál es la probabilidad de transferir mensajes en tiempo real?
- Puede utilizarse una ruta alterna para mejorar la disponibilidad de mensajes?
- Puede el tráfico de menor prioridad utilizar las técnicas de almacenamiento y envío?
- Existen algunas restricciones operacionales debido a la propagación, potencia del transmisor u otros limitantes?

Análisis de tráfico

- Cuáles son los tamaños típicos de los mensajes?
- Cuál es el número promedio de mensajes por unidad de tiempo?
- Cuáles son las prioridades de los mensajes?
- A qué hora es el tráfico pico?
- Cuáles son los tipos de tráfico?

Crecimiento proyectado para cada categoría de tráfico

- Qué impacto tienen mayores niveles de tráfico en la implementación del sistema?
- Son necesarios nodos y/o relés adicionales?

Impacto en la estructura del mensaje

- Es el formato para mensajes de datos compatible con los requerimientos de tráfico?
- Incluir clasificación de seguridad, prioridad, origen y dirección de destino

Sitio fijo

- Están las funciones de recepción, transmisión y control colocalizadas o separadas?
- Es una instalación permanente o temporal?
- Existe alguna restricción de frecuencia para los receptores y transmisores colocalizados?
- Cuáles son los requerimientos de personal?
- Cuáles son las consideraciones ambientales?
- Qué tipo de energía está disponible?
- Se requiere energía ininterrumpida?

Sitio móvil

- Es el equipo diseñado para vehículo, barco, cabina de comunicaciones, o aeronave?
- Se requieren radios de mochila?
- Cuáles son las limitaciones y restricciones de las antenas?
- Cuáles son las restricciones físicas de espacio?
- Cuáles son los requerimientos de ancho de banda y energía primaria?
- Cuáles son las consideraciones ambientales?

Protocolo de comunicaciones

- Existe un canal de reto mopara ARQ?
- Se está utilizando ALE?
- Cuáles son los protocolos de datos?

Selección de equipo

- Requerimientos del transmisor: Potencia de salida, estado sólido versus tubo, banda ancha o banda angosta, distorsión permitida, rango de frecuencia, velocidad de sintonía, control remoto?
- Requerimientos del receptor: Selectividad, rango dinámico, distorsión, control remoto?
- Requerimientos de la antena: Ganancia, ancho de banda, polarización, patrón de radiación, terreno disponible, control remoto?

Sistemas de comunicaciones de datos

- Cuál es la velocidad de transmisión de datos?
- Cómo se está protegiendo la información? (intercalación, tipo de encripción)
- Cuál es el esquema de modulación?

Interfaz con otros equipos y sistemas

- Qué otro tipo se requiere? (fax, terminal de datos, sistemas de imágenes)
- Qué otros tipos de sistemas están considerados?
- Qué interfaces serequieren entre sistemas de radio HF/VHF/UHF, satélite, o centrales telefónicas?

Comando y control

- Será la operación atendida o no antendida?
- Se requiere autodiagnóstico?
- Están el transmisor, receptor y los sitios de control en diferentes lugares? (estaciones separadas)

CAPÍTULO

RESUMEN

- Los radios modernos son pequeños y livianos. Sus características y capacidades, que anteriormente requerían de equipo adicional, en la actualidad están totalmente incorporadas en el transceptor de radio.
- Los radios HF, VHF/UHF y SATCOM desempeñan un papel importante en los sistemas modernos de comunicaciones de largo alcance, trabajando frecuentemente en conjunto con otros medios tales como redes celulares y líneas telefónicas terres t res.
- El correo electrónico a través de radio se está convirtiendo en una parte muy importante de los sistemas de comunicaciones militares.
- Se necesita un enfoque de sistema para obtener los mejores resultados en el diseño de una moderna red de comunicaciones de radio.

AVANCES HACIA EL FUTURO

por George Helm Director de Productos de Harris, Unidad de Negocios Tácticos

Los primeros radios, comúnmente conocidos como comunicaciones inalámbricas, fueron sustituídos por un par de alambres de cobre. Estos radios fueron utilizados para llenar los vacíos que no podían ser manejados con líneas alámbricas, como por ejemplo entre los barcos en altamar y la costa. Más tarde, cuando se hizo popular el FSK, el facsímil, el vídeo y la encripción, se inventaron cajas para propósitos especiales con el fin de encriptar y deencriptar señales de banda base que eran transmitidas a través de esos simples canales de radio.

A medida que la movilidad de los equipos de comunicaciones se hacía más y más importante, se miniaturizaban los componentes de estas cajas extemas y se los incorporaba en los radios. El advenimiento del poderoso microcircuito de Procesamiento Digital de Señales (DSP) y de microprocesadores de control dieron paso a esquemas de modulación y codificación complejos, descritos anteriormente en este manual. Estos esquemas han sido utilizados para incrementar el uso eficiente del ancho de banda hasta el punto de actualmente estar llegando a límites teóricos.

Qué desafíos les esperan a los equipos de comunicaciones tácticos militares en el Siglo 21? La respuesta a ésto puede encontrársela mirando los cambios que han surgido en el campo de batalla moderno. Durante la Guerra del Golfo, fuimos testigos del dramático incremento en el ritmo operativo del campo de batalla. Las comunicaciones de comando y contro l se perdieron mientras las fuerzas militares se movían rápidamente a través del abierto escenario del desierto, sobrepasando los sistemas de comunicaciones militares convencionales. El incremento en el flujo de información demanda el uso de comunicaciones de datos en lugar de las comunicaciones de voz, con una sed siempre creciente de ancho de banda.

La información crítica del campo de batalla debe fluir de forma horizontal y vertical, impulsando la necesidad de una red de tráfico entre redes tácticas.

Surge también la imperiosa necesidad del conocimiento situacional – conocer la ubicación precisa de los recursos y personal militares. Mientras el tamaño de las fuerzas se reduce por los recortes en el gasto militar, el conocimiento situacional exacto es la clave para mantener un nivel dominante de fuerza letal. En el futuro, el conocimiento situacional se convertirá en la tarea de fondo de la estructura de comunicaciones de comando y control. La información de ubicación física será anexada con seguridad a todo el tráfico de voz y datos y encaminada hacia un punto de recolección de conocimiento situacional, de modo que los mandos militares puedan planificar y llevar a cabo una campaña exitosa.

Finalmente, el incremento en la sofisticación de las fuerzas del enemigo demandará la utilización de técnicas de información con seguridad mejorada (INFOSEC). Esto incluye el uso de dispositivos incorporados más potentes de encripción/deencripción para todo el tráfico de voz y datos, métodos avanzados de medidas contra-contra electrónicas (ECCM) para sustentar las comunicaciones ante la presencia de bloqueo intencional y la utilización de métodos de Baja Probabilidad de Interceptación (LPI) y Baja Probabilidad de Detección (LPD) para proteger a las tropas de avanzada que operan en áreas hostiles.

Tráfico entre Redes Tácticas – Comunicaciones Sencillas, Perfectas y Seguras

Durante la década pasada, todos hemos sido testigos del impacto del crecimiento que el Internet comercial ha tenido en todos los países del mundo. Esto demuestra el poder de la conectividad perfecta y los beneficios adquiridos del establecimiento de interfaces y protocolos comunes. Actualmente el Internet comercial está comenzando a enfrentar los desafíos presentados por el mundo inalámbrico. Varios de estos desafíos son los mismos que aquellos que se encuentran en los sistemas moderos de comunicaciones militares –para mencionar unos cuantos – la demanda de conectividad perfecta, redes autoconfigurables que se recuperan automáticamente y enlaces de comunicaciones con seguridad. Los exitosos equipos de comunicaciones militares del futuro abarcarán esta tecnología, construyéndola sobre la base tecnológica establecida resultante de enormes inversiones en el sector comercial.

El tráfico entre redes tácticas llegará a ser el habilitador de muchas aplicaciones militares en el Siglo 21. Entre los ejemplos de aplicaciones se encuentran: sistemas de comando/control, sistemas de conocimiento situacional, extensión de rango automático, sistemas tácticos de mensajes, sistemas de control de disparo, sistemas dúplex y simultáneos de voz/datos, acceso a bases de datos comunes, inclusive sistemas de interfaz de los radios tácticos de combate (CNRI), que enlacen las infraestructuras tácticas con las fijas.

Los radios como los de la Familia de Radios Tácticos Falcon™ II de Harris, of recerán un perfecto interfaz de red IP a otros sistemas y programas de aplicaciones. Los nuevos sistemas serán desarrollados rápidamente y de forma costo-efectiva utilizando herramientas y aplicaciones comerciales disponibles en el mercado (COTS). Se encuentran en desarrollo protocolos avanzados de acceso a canales para asegurar la utilización efectiva máxima del espectro de frecuencias disponible. La transmisión de paquetes de datos permitirá múltiples aplicaciones para que sean sustentados simultáneamente en base de un manejo prioritario y que permitirá la coexistencia del tráfico de voz y datos, aún en un solo canal de radio de banda angosta.

La transmisión de paquetes de datos, combinada con las técnicas de conmutación rápida de recepción-transmisión, permite a un canal simplex (que transmite y recibe alternativamente en la misma frecuencia) emular el rendimiento de los canales dúplex (que reciben y transmiten simultáneamente en diferentes frecuencias). Para propósitos de retransmisión solía tomarse dos radios, uno para recibir y otro para transmitir simultáneamente en otra frecuencia. Los radios más avanzados de la actualidad pueden cumplir esta función solamente con un radio.

La tendencia en esta área es la de fabricar una red perfecta que de soporte a cualquier combinación de conexiones de voz y datos de punto a punto y de punto a multipunto. La información será encriptada y deencriptada solamente en las estaciones de origen y destino, ofreciendo seguridad en la información de un extremo a otro.

Datos a Mayor Velocidad

Durante un conflicto, la recolección y diseminación de la información a su debido tiempo es crítica para actuar dentro del ciclo de decisiones del enemigo. Esta necesidad de aumento del flujo de información está

conduciendo a requerimientos de velocidades de transmisión de datos siempre crecientes. La última generación de radios tácticos ofrece un incremento de cuatro veces sobre aquellos actualmente en servicio. Este incremento en la velocidad de datos aumenta significativamente el número de mensajes transmitidos, reduciendo su tiempo de espera.

De acuerdo con Chester Massari, presidente de la división RF Communications de Harris "La transmisión de datos es el futuro de las comunicaciones militares. Como uno de los pioneros en esta área, podemos enviar imágenes y datos a alta velocidad a través del espectro de radio mejor que nadie en la industria – además, ofrecemos esta capacidad para misiones en tierra, mar y aire."

Hacia Dónde Vamos?

Es natural hacerse la pregunta, de aquí, hacia dónde vamos? Por supuesto que, con la expansión de la tecnología a una velocidad siempre creciente, es difícil predecir específicamente para un año o más en el futuro, pero éstas son algunas de las importantes tendencias que probablemente influenciarán en la tecnología de radio en los años venideros.

Como hemos dicho en la introducción de este manual, "Manténgase en sintonía!"

GLOSARIO

ACOPLADOR DE ANTENA/SINTONIZADO (Antenna Coupler/Tuner)

— Dispositivo entre el transmisor y la antena que modifica las características de la carga presentada al transmisor, de forma que transfiera la máxima potencia a la antena.

ALE (Automatic Link Establishment) — Establecimiento Automático de Enlace. Técnica que permite a las estaciones de radio enlazarse automáticamente unas con otras.

AM (Amplitude Modulation) — Amplitud Modulada. Técnica usada para transmitir información, en la cual la amplitud de la frecuencia de la portadora es modulada por la entrada de audio, transmitiéndose la portadora completa y ambas bandas laterales.

AME (Amplitude Modulation Equivalent) — Amplitud Modulada Equivalente. Método de transmisión en banda lateral única, en el cual la portadora se reinserta para permitir la recepción por parte de los receptores convencionales de AM.

AMPLITUD (Amplitude) — Magnitud pico a pico de una onda de radio.

ANCHO DE BANDA (Bandwidth) — Rango de frecuencia ocupado por una señal dada.

ÁNGULO DE DESPEGUE (Take-OffAngle) — Ángulo entre el eje del lóbulo principal de un patrón de antena y el plano horizontal de la antena de transmisión.

ANTENA BICÓNICA (Biconical Antenna) — Antena utilizada para estaciones fijas; diseñada para cubrir el rango de 100 a 400 MHz.

ANTENA DIPOLO (Dipole Antenna)— Antena versátil que usualmente es alimentada por un alambre en el centro de su longitud. Su orientación proporciona polarización horizontal o vertical.

ANTENA DIRECCIONAL (Directional Antenna) — Antena que tiene mayor ganancia en una o más direcciones.

ANTENA LÁTIGO VERTICAL (Vertical Whip Antenna) — Antena omnidirecional que tiene pequeños ángulos de despegue y polarización vertical.

ANTENA OMNIDIRECCIONAL (Omnidirectional Antenna) — Antena cuyo patrón no es direccional en el acimut.

ÁREA DE COBERTURA (Footprint) — Áreas de línea de vista (LOS) cubiertas por un satélite.

ARQ (Automatic Repeat Request) — Solicitud de Repetición Automática. Técnica de transmisión de datos para transferencia de datos libres de errores.

ASINCRÓNICO (Asynchronous) — Sistemas de comunicaciones de datos que añade elementos de señal de arranque y parada a la información, con el propósito de sincronizar caracteres de datos individuales o bloques.

ASK (Amplitud Shift Keying) — Desplazamiento Codificado de Amplitud. Forma de modulación en la que una señal digital desplaza la amplitud de la portadora.

ATENUACIÓN (Attenuation) — Atenuación, debilitamiento, disminición progresiva.

BANDA ANCHA (Broadband) — Término que indica la ocupación relativa del espectro de una señal, para distinguirla de una señal de banda angosta. Una señal de banda ancha típicamente tiene un ancho de banda que excede el doble de la más alta frecuencia de modulación.

BANDA LATERAL (Sideband) — Energía espectral, distribuida sobre o debajo de una portadora, resultante de un proceso de modulación.

BAUDIO (Baud) — Unidad de velocidad de señalización equivalente al númerode símbolos; por ejemplo, señales discretas por segundo.

BER (Bit Error Ratio) — Tasa de Errores. Número de bitios erróneos dividido para el número total de bitios transmitidos.

BINARIO (Binary) — Sistema de números que parte de la base 2, utilizando solamente los símbolos 0 y 1. **BITIO** (Bit) — Dígito binario (0 o 1)

BLOQUEO (Jamming) — Interferencia deliberada resultante de la transmisión en las frecuencias operativas con la intención de romper las comunicaciones.

BLOS (Beyond Line-of-Sight) — Transhorizonte. Comunicaciones que tienen lugar sobre una gran distancia, más allá de la línea de vista.

CANAL (Channel) — Trayectoria unidireccional o bidireccional para transmitir y/o recibir señales de radio.

CERO (Null) — Área de débil radiación.

CLAVE (Key) — En criptografía, variable que cambia el algoritmo matemático.

CNR (Combat Net Radio) — Radios de Red Táctica de Combate.

COLOCALIZACIÓN (Collocation) — Acto o resultado de colocación o disposición colateral.

COMSEC (Communications Security) — Seguridad en Comunicaciones. Técnicas de codificación o criptografía que hace ininteligible la información a personas no autorizadas.

CRIPTOGRAFÍA (Cryptography) — Técnica COMSEC que traduce (encripta) información en un mensaje aparentemente aleatorio y luego interpreta (descifra) el mensaje aleatorio mediante deencripción.

CRIPTOGRAFÍA DE CLAVE PÚBLICA (Public Key Cryptography) — Sistema para manejo de claves utilizado en el sector comercial. Bajo este estándar, cada usuario genera dos claves, una pública y una privada. La solidez de tal sistema radica en la dificultad de derivar la clave privada a partir de la clave pública.

CW (Continuous Wave) — Onda Contínua. Onda de radio de amplitud y frecuencia constantes. También, clave Morse.

DAMA (Demand Assigned Multiple Access) — Acceso Múltiple Asignado por Demanda. Técnica que acopla las demandas del usuario con el tiempo disponible del satélite.

dB (Decibel) — Unidad estándar para expresar ganancia o pérdida de transmisión y relación relativa de potencia.

DEMODULACIÓN (Demodulation) — Proceso por el cual la señal moduladora original es recuperada de una portadora modulada.

DESCODIFICACIÓN DE DECISIÓN TRANSITORIA (Soft-Decision Decoding) — Técnica de corrección de erro res en la que un grupo de símbolos detectados que retienen su caracter analógico es comparado contra el grupo de palabras en clave posibles de ser transmitidas. Se aplica un factor ponderado a cada símbolo en la palabra clave antes de tomar una decisión sobre cuál palabra clave fue transmitida.

DESINTERCALACIÓN (De-interleaving) — Proceso utilizado por un demodulador para revertir el proceso de intercalación y por consiguiente, corregir erro res en transmisión de datos usados en la codificación de corrección anticipada de erro res (FEC).

DESVANECIMIENTO (Fading) — Variación de la amplitud y/o fase de una señal recibida, debido a cambios en la trayectoria de propagación, en función del tiempo.

DIFRACCIÓN (Diffraction) — Cuando una onda VHF o UHF se acerca a un borde agudo, una parte de la onda se dobla alrededor del borde y continúa propagando como si un radio de muy baja potencia estuviera colocado en la parte superior de una colina.

DIFRACCIÓN POR OBSTÁCULOS (Picket Fencing) — Forma de trayectoria múltiple común para estaciones vehiculares.

DISPERSIÓN DE TRAYECTORIA MÚLTIPLE (Multipath Spread) — Rango de las diferencias en tiempo que toma a las señales de radio llegar a la antena receptora cuando viajan por diferentes rutas, que podrían incluir una o más trayectorias de onda espacial y/o una trayectoria de onda terrestre. El efecto de dispersión de trayectoria múltiple es minimizado

mediante la selección de una frecuencia lo más cercana posible a la frecuencia máxima utilizable (MUF).

DSP (Digital Signal Processing) — Procesamiento Digital de Señales. Tecnología desarrollada recientemente que permite que el software controle los circuitos electrónicos digitales.

ECUALIZADOR AUTOMÁTICO DE CANAL (Automatic Channel Ecualizer) — Técnica de procesamiento de señales que mejora la transmisión de datos, mediante compensación de variaciones en las características de canal, mientras se recibe la información.

EMI (Electromagnetic Interference) — Interferencia Electromagnética. Disturbio electromagnético que degrada el rendimiento de las comunicaciones. Sinónimo: Interferencia de Radio Frecuencia (RFI).

ENCRIPCIÓN (Encryption) — Proceso de traducción de la información en un mensaje aparentemente aleatorio.

ENLACE ASCENDENTE (Uplink) — Trayectoria de radio que va hacia un satélite.

ENLACE DESCENDENTE (Downlink) — Trayectoria de radio que regresa desde un satélite.

ERP (Effective Radiated Power) — Potencia Efectiva Radiada. Potencia equivalente transmitida a la atmósfera, que es el producto de la salida de potencia del transmisor multiplicada por la ganancia de la antena.

EXCITADOR (Exciter) — Parte del transmisor que genera la señal modulada a ser transmitida.

FASE (Phase) — En un proceso periódico como en una onda de radio, cualquier estado posible que se puede distinguir en una onda.

FEC (Forward Error Correction) — Corrección Anticipada de Erro res. Sistema de control de erro res para transmisión de datos, mediante el cual el receptor puede corregir cualquier bloque de códigos que contenga menos que un número fijo de bitios con error.

FILTRO ADAPTIVO DE EXCISIÓN (Adaptive Excision Filter) — Técnica de procesamiento de señales que mejora la transmisión de datos. Rastrea y suprime la interferencia de banda angosta en la entrada del demodulador y reduce los efectos de interferencia de canal compartido (interferencia en el mismo canal que está siendo utilizado).

FILTRO PASABANDA (Bandpass Filter) — Filtro que pasa una banda limitada de frecuencias. Se lo utiliza para retirar señales de ruido y espurias generadas en el excitador o en las armónicas de la frecuencia de salida del amplificador de potencia.

FLTSATCOM (Fleet SATCOM) — Grupo de satélites navales de la Armada de los Estados Unidos.

FM (Frequency Modulation) — Frecuencia Modulada. Forma de modulación en donde la frecuencia de una portadora varía en proporción a una señal de audio modulada.

FRECUENCIA (Frequency) — Número de ciclos completos por segundo de una señal, medidos en hertzios (Hz).

FSK (Frequency Shift Keying) — Desplazamiento Codificado de Frecuencia. Forma de modulación en la cual una señal digital desplaza la frecuencia de salida entre valores discretos.

GANANCIA (Gain) — Relación del valor de un parámetro de salida, tal como potencia, comparada con su nivel de entrada. Normalmente expresada en decibeles.

GENERADOR DE CLAVES (Key Generator) — Dispositivo o proceso que genera la variable para un sistema codificador criptográfico.

HF (High Frequency) — Alta Frecuencia. Normalmente, la banda de 3 a 30 MHz. En la práctica, el límite inferior de la banda HF se extiende a 1.6 MHz.

Hz (Hertz) — Hertzio. Unidad básica defrecuencia.

IF (Intermediate Frequency) — Frecuencia Intermedia. Frecuencia usada dentro del equipo como paso intermedio en la transmisión o recepción.

IMPEDANCIA (Impedance) — Oposición al flujo de corriente de una combinación compleja de resistencia y reactancia. Reactancia es la oposición al flujo de corriente CA por un capacitor o un inductor. Un acoplador de antena ideal actuará para cancelar la componente reactiva de la impedancia de la antena; por ejemplo, presentando una reactancia inductiva igual si la antena tiene una reactancia capacitiva y por el contrario una reactancia capacitiva igual, si la antena presenta una reactancia inductiva.

INTERCALACIÓN (Interleaving) — Técnica que incrementa la efectividad de los códigos FEC mediante la distribución aleatoria de errores en los canales de comunicación, caracterizados por ráfagas de errores.

IONÓSFERA (lonosphere) — Región de partículas cargadas con electricidad o gases en la atmósfera de la Tierra, que se extiende desde 50 a 600 kilómetros (aproximadamente 30 a 375 millas) sobre la superficie de la Tierra.

ISB (Independent Sideband) — Banda Lateral Independiente. Transmisión de banda lateral doble en la que la información transportada por cada banda lateral es diferente.

KEK (Key Encryption Key) — Llave de Clave de Encripción. Utilizada en encripción digital.

LF (Low Frequency) — Baja Frecuencia. Rango de frecuencia de 30 a 300 KHz.

LLAVE DE ENCENDIDO-APAGADO (On-Off Keying) — Dispositivo para encender o apagar la portadora con llave telegráfica (código Morse). Lo mismo que CW.

LNA (Low Noise Amplifier) — Amplificador de recepción de bajo ruido.

LÓBULO (Lobe) —Área de fuerte radiación.

LÓBULO PRINCIPAL (Main Lobe) — En un patrón de radiación de antena, el lóbulo que contiene la dirección de máxima intensidad de radiación.

LONGITUD DE ONDA (Wavelength) — Distancia entre el punto máximo de la onda al punto correspondiente en la onda adyacente.

LOS (Line of Sight) — Línea de Vista. Término que se refiere a la propagación de la señal de radio en línea recta desde el transmisor al receptor, sin refracción; generalmente se extiende al horizonte visible.

LPD (Low Probability of Detection) — Baja Probabilidad de Detección. Técnica para minimizar la probabilidad que la señal transmitida sea detectada por personas no autorizadas.

LSB (Lower Sideband) — Banda Lateral Inferior. Diferencia en frecuencia entre la señal portadora de AM y la señal de modulación.

LUF (Lowest Usable Frequency) — Frecuencia Más Baja Utilizable. La frecuencia más baja en la banda HF en la cual la intensidad de campo recibida es suficiente para proveer la relación requerida de señal-ruido.

MEZCLADO (Scrambling) — Técnica COMSEC que mezcla separando la señal de voz en un número de bandas, desplazando cada banda hacia un rango diferente de frecuencia de audio y combinando las bandas resultantes en una salida de audio compuesta que modula al transmisor.

MODEM (MOdulator-DEModulator) — Modulador-Demodulador. Dispositivo que modula y demodula señales. El modem convierte señales digitales en formato analógico para transmisión y convierte las señales analógicas recibidas en formato digital.

MODEM DE TONO PARALELO (Parallel Tone Modem) — Transporta la información sobre tonos de audio simultáneos, en los cuales cada tono es modulado a una baja velocidad de conmutación.

MODEM DE TONO SERIAL (Serial Tone Modem) — Transporta la información digital en un tono único de audio.

MODULACIÓN (Modulation) — Proceso, o resultado del proceso, de la variación de una característica de la portadora, de acuerdo con una señal proveniente de la fuente de información.

MUF (Maximum Usable Frequency) — Frecuencia Máxima Utilizable. Límite superior de las frecuencias usadas en un tiempo determinado para transmisión de radio entre dos puntos, mediante la propagación de la ionósfera.

MULTIBANDA (Multiband) — Radios militares que combinan las capacidades de VHF y UHF, HF y VHF, o HF-VHF-UHF.

OHM — Ohmio. Unidad de medición de resistencia. Su símbolo es .

ONDA CORTA (Short Wave) — Frecuencia de radio sobre 3 MHz.

ONDA DE SUPERFICIE (Surface Wave) — Onda que viaja a lo largo de la superficie de la Tierra y puede llegar más allá del horizonte.

ONDA DIRECTA (Direct Wave) — Onda que viaja en línea recta, debilitándose mientras aumenta la distancia.

ONDA ESPACIAL (Sky Wave) — Onda de radio que es reflejada por la ionósfera.

ONDA TERRESTRE (Ground Wave) — Onda de radio que se propaga sobre la Tierra y ordinariamente es afectada por la presencia del suelo.

ONDA TERRESTRE REFLEJADA (Ground Reflected Wave) — Porción de la onda propagada que se refleja desde la superficie de la Tierra entre el transmisor y el receptor.

ÓRBITA GEOESTACIONARIA (Geoestationary Orbit) — La velocidad de una órbita satelital estacionaria depende de su distancia sobre la Tierra. Si se coloca un satélite en una órbita estacionaria a 35.786 kilómetros sobre la línea ecuatorial, el satélite deberá viajar lo suficientemente rápido para rotar alrededor de la tierra en 24 horas. Ya que ésta es exactamente la misma velocidad a la que rota la Tierra, un satélite colocado en esa órbita se mantendrá estacionario en el mismo lugar sobre la Tierra ya que los dos están rotando juntos. A ésto se denomina órbita geoestacionaria.

OTAR (Over-The-Air-Rekeying) — Reconmutación a Través del Aire . Técnica desarrollada por Harris para eliminar la necesidad de cargar manualmente las claves de encripción, permitiendo un método más seguro para el manejo de las mismas.

PATRÓN DE RADIACIÓN (Radiation Pattern) — Característica determinada por el diseño de una antena e influenciada fuertemente por su ubicación con respecto al suelo. Los patrones de radiación dependen de la frecuencia.

POLARIZACIÓN (Polarization) — Orientación de una onda relativa a un plano de referencia.

PORTADORA (Carrier) — Señal de radiofrecuencia que puede ser modulada con señales de información.

PREÁMBULO (Præmble) — Secuencia conocida de bitios enviados al inicio de un mensaje, la que es utilizada por el receptor para sincronizarla con su reloj interno.

PROPAGACIÓN (Propagation) — Movimiento de energía de radiofrecuencia a través de la atmósfera.

PROPAGACIÓN POR CONDUCCIÓN ATMOSFÉRICA / GUÍA DE ONDA NATURAL (Ducting / Wave Ducting) — Efecto que hace que las ondas de radio se doblen y viajen entre las capas de aire de diferentes densidades.

PSK (Phase Shift Keying) — PSK es similar a FSK excepto que es la fase de la portadora, en lugar de la frecuencia, la que es modulada.

PSK M-ARIA (M-ary Phase Shift Keying) — Código de Desplazamiento de Fase M-aria. Método para incrementar la velocidad de datos de las transmisiones de radio. "M" se refiere al número de fases utilizadas en el esquema de modulación.

RAU (Remote Access Unit) — Unidad de Acceso Remoto.

REFRACCIÓN (Refraction) — Curvatura de una onda de radio al pasar oblicuamente de un medio a otro.

RUIDO ATMOSFÉRICO (Atmospheric Noise) — Ruido de radio ocasionado por procesos atmosféricos naturales (principalmente por las descargas eléctricas durante las tormentas).

RUIDO CÓSMICO (Cosmic Noise) — Ruido aleatorio originado fuera de la atmósfera de la Tierra.

SALTO DE FRECUENCIA (Frequency Hopping) — Conmutación rápida (salto) de la frecuencia del sistema de radio tanto para el receptor como el transmisor, de frecuencia en frecuencia en patrones aleatorios aparentes, utilizando una referencia común de tiempo.

SATCOM (Satellite Communications) — Comunicaciones Satelitales.

SINCRÓNICO (Synchronous) — Forma de comunicaciones de datos que usa un preámbulo para alertar al receptor que está ingresando un mensaje y para permitir sincronizar a un reloj de bitios interno.

SISTEMA ASIMÉTRICO DE CLAVES (Asymmetrical Key System) — Sistema de manejo de claves que permite comunicaciones seguras de doble vía entre todos los usuarios que tengan una clave pública y una clave privada.

SISTEMA SIMÉTRICO DE CLAVES (Symmetric Key System) — Sistema de manejo de claves en el cual la misma clave encripta y deencripta los datos.

SMC (Satellite Management Center) — Centro de Administración Satelital. Regula y asigna los recursos satelitales a los usuarios.

SNR (Signal-to-Noise Ratio) — Relación Señal/Ruido. La relación de la potencia de la señal deseada a la potencia del ruido en un ancho de banda especificado.

SSB (Single Sideband) — Banda Lateral Única. Técnica de modulación en la cual la portadora y una banda lateral (superior o inferior) son suprimidas, de manera que toda la potencia se concentre en la otra banda lateral.

TACSAT — Satélite Táctico.

TCM (Trellis Coded Modulation) — Modulación Codificada de Trellis. Técnica de codificación que proporciona la capacidad máxima de velocidad de datos a los flujos de datos PSK, mejorando el margen de ruido. **TDM** (Time-División Multiplexing) — Multicanalización por División de Tiempo. Proceso de muestreo en el tiempo para combinar o multicanalizar diversas señales de información para su transmisión en una sola portadora o canal de comunicación.

TEK (Traffic Encryption Key) — Clave de Encripción de Tráfico. Usada en encripción digital.

TEXTO CIFRADO (Cipher Text) — Datos encriptados.

TIU (Telephone Interface Unit) — Unidad de Interfaz Telefónico.

TRÁFICO (Traffic) — La información pasada por un canal de comunicaciones.

TRANSCEPTOR (Transceiver) — Equipo que usa circuitos comunes con el fin de proveer las capacidades de transmisión y recepción.

TRANSEC (Transmission Security) — Seguridad en Transmisión. Técnica que previene la detección de señales o el bloqueo de la trayectoria de transmisión.

TRAYECTORIA MÚLTIPLE (Multipath) — Fenómeno de propagación resultante en que las señales de radio llegan a la antena receptora por dos o más trayectorias.

UHF (Ultra High Frequency) — Ultra Alta Frecuencia. Parte del espectro de radio de 300 MHz a 3 GHz.

USB (Upper Sideband) — Banda Lateral Superior. Banda portadora de información; es la frecuencia producida por la adición de la frecuencia de la portadora y la frecuencia de modulación.

VHF (Very High Frequency) — Muy Alta Frecuencia. Parte del espectro de radio, de 30 a 300 MHz.

VOCODER — Dispositivo que convierte sonidos en una corriente de datos que pueden ser enviados en un canal HF. Abreviación de codificadordescodificador de voz.