

35
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

'CAMPUS ARAGÓN'

**PROYECTO DE ESPECIFICACIONES
TECNICAS DE SISTEMAS DE
RADIOCOMUNICACION QUE EMPLEAN
LAS TECNICAS DE ESPECTRO
DISPERSO (SPREAD SPECTRUM)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :**

**JESUS FIEL ROSALES
FELIPE JUVENTINO NANCO RODRIGUEZ**

DIRECTOR DE TESIS : ING. RAÚL BARRÓN VERA

MEXICO

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN.


UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica.
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 6 de mayo del año en curso, por la que se comunica que los alumnos JESÚS FIEL ROSALES y FELIPE JUVENTINO NANCO RODRÍGUEZ, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN QUE EMPLEAN LAS TÉCNICAS DE ESPECTRO DISPERSO (SPREAD SPECTRUM)", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 7 de mayo de 1997
EL JEFE DE LA UNIDAD


LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS

cc p Asesor de Tesís.
cc p Interesado.

AIR/IIa.





UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 6 de mayo del año en curso, por la que se comunica que los alumnos FELIPE JUVENTINO NANCO RODRÍGUEZ y JESÚS FIEL ROSALES, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN QUE EMPLEAN LAS TÉCNICAS DE ESPECTRO DISPERSO (SPREAD SPECTRUM)", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 7 de mayo de 1997
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO BARRÓN ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR'la.



OBJETIVOS

- Describir el concepto "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM] bajo un marco teórico; en el que se incluyan características, aplicaciones, técnicas y tendencias del sistema.
- Implementar procedimientos de medición de los principales parámetros eléctricos, para realizar evaluaciones técnicas, y de esta manera, realizar la homologación de los equipos y/o sistemas de Radiocomunicación construídos con la tecnología Espectro Disperso [SPREAD SPECTRUM].
- Realizar un anteproyecto de norma para equipos y/o sistemas de Radiocomunicación que emplean las técnicas de "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM], que este de acuerdo con los lineamientos internacionales, en las bandas de 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

C A P I T U L O S

INTRODUCCION

- I.- GENERALIDADES**
- II.- TECNICAS Y PARAMETROS DE MEDICION**
- III.- PROCEDIMIENTOS DE MEDICION**
- IV.- PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION QUE EMPLEAN LAS TECNICAS DE ESPECTRO DISPERSO [SPREAD SPECTRUM] EN LAS BANDAS DE 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz Y 5725-5850 MHz.**
- V.- APLICACIONES Y TENDENCIAS DEL SISTEMA**

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

A LAS ALMAS QUE AUN NO CONEZCO.
PORQUE HACEN EL MOTIVO Y LA DIFERENCIA...
Y
AL SER
QUE SIENDO LO QUE ES,
SE MANIFESTO COMO UN HOMBRE SEMEJANTE A MI
PARA ENSEÑARME.

POR SU OBSTINADO AMOR.

Quando se hace un reconocimiento de la trayectoria que un estudiante ha recorrido para adquirir una formación profesional, se hace evidente que fue necesaria la participación parcial o directa de varias personas, por esta razón, hago patente un sentimiento de agradecimiento común a las siguientes personas y organizaciones que perfilaron en mi una personalidad:

A mis padres, porque muy lejos de dudar en mi creyeron, y al creer en mi, me anticiparon incondicionalmente la mejor herencia que puede tener un hijo cuando tiene que prescindir de los mismos;

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO por abrirme la puerta de sus aulas;

Al maestro que dedicó tiempo en mi formación;

Al INSTITUTO MEXICANO DE COMUNICACIONES por las facilidades que me prestó para concluir mi carrera y sobretodo por que me permite iniciar mi desarrollo profesional. A todos los compañeros del laboratorio de Radiación y Propagación.

CONTENIDO.

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I GENERALIDADES	
I.1. Antecedentes.....	4
I.2. Espectro Disperso.....	6
I.3. Marco Histórico.....	7
I.3.1. Técnicas de Modulación.....	8
I.3.2. Características Fundamentales.....	9
CAPITULO II TECNICAS Y PARAMETROS DE MODULACION	
II.1. Consideraciones en la estructuración de una señal de Espectro Disperso.....	14
II.1.1. Scrambler Pseudoaleatorizador.....	14
II.1.2. Secuencias Pseudoaleatorias.....	15
II.1.3. Secuencias de Máxima Longitud.....	17
II.1.4. Correlación.....	19
II.2. Técnicas de Modulación de Espectro Disperso.....	22
II.2.1. Espectro Disperso por Secuencia Directa.....	22
II.2.2. Espectro Disperso por Salto de Frecuencia.....	26
II.2.3. Espectro Disperso por Impulso de Frecuencias.....	28
II.3. Características de la Relación Señal/Ruido en los sistemas D.S. y F.H.....	29
II.4. Medición de Parámetros del Sistema.....	32
II.4.1. Definiciones Teóricas.....	32
II.4.2. Frecuencia de Operación.....	32
II.4.3. Potencia.....	32
II.4.4. Ancho de Banda.....	33
II.4.5. Sensibilidad.....	34
II.4.6. Tasa de Bits Erróneos (Bit Error Rate).....	35
II.4.7. Ganancia.....	35
II.4.8. Patrón de Radiación.....	36
II.4.9. Relación de Tensión de Ondas Estacionarias (V.S.W.R.).....	39
CAPITULO III PROCEDIMIENTOS DE MEDICION	
III.0. Mediciones prácticas realizadas a dos radiomodems.....	42
III.1. Mediciones en el modo de transmisión.....	44
III.1.1. Medición de la frecuencia de operación.....	44
III.1.2. Medición de la potencia de salida.....	47
III.1.3. Medición del ancho de banda.....	50
III.2. Mediciones en el modo de recepción.....	51
III.2.1. Medición de la sensibilidad en función del B.E.R.....	51
III.2.2. Medición del promedio de error/bit (B.E.R.).....	52
III.2.3. Medición del nivel de saturación en la recepción.....	52
III.3. Mediciones de los parámetros de las antenas.....	52
III.3.1. Medición del patrón de radiación.....	52
III.3.2. Medición del S.W.R.....	54
III.3.3. Medición de la ganancia.....	57

III.4. Procedimientos de medición.....	57
III.4.1. Campo de aplicación.....	58
III.4.2. Documentos a consultarse.....	58
III.4.3. Condiciones ambientales.....	58
III.4.4. Equipos e instrumentos.....	58
III.5. Medición de la frecuencia de operación.....	59
III.6. Medición de la potencia de la salida.....	61
III.7. Medición del ancho de banda.....	62
III.8. Medición de la sensibilidad en función del B.E.R.....	63
III.9. Medición del Promedio de Error Bit (B.E.R.).....	64
III.10. Medición del patrón de radiación.....	65
III.11. Medición de la ganancia.....	66
III.12. Medición del S.W.R.....	68

CAPITULO IV PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION QUE EMPLEAN LAS TECNICAS DE ESPECTRO DISPERSO (SPREAD SPECTRUM) EN LAS BANDAS DE 902-928 Mhz, 2450-2483.5 Mhz Y 5725-1850 Mhz.

Capítulo 0. Introducción.....	77
Capítulo 1. Objetivo y Campo de Aplicación.....	78
Capítulo 2. Terminología y Definiciones.....	79
Capítulo 3. Símbolos y Abreviaturas.....	82
Capítulo 4. Especificaciones.....	83
Capítulo 5. Muestreo.....	92
Capítulo 6. Procedimientos de Comprobación de Parámetros.....	93
VI.1. Medición de la frecuencia de operación.....	93
VI.2. Medición de la potencia de salida.....	94
VI.3. Medición del ancho de banda.....	95
VI.4. Medición de la sensibilidad en función del B.E.R.....	98
VI.5. Medición del promedio de error-bit (B.E.R.).....	97
VI.6. Medición del patrón de radiación.....	98
VI.7. Medición de la ganancia.....	99
VI.8. Medición del S.W.R.....	101
Bibliografía.....	103

CAPITULO V APLICACIONES Y TENDENCIAS DEL SISTEMA.

V.1. Principios de atribución en el espectro radioeléctrico.....	106
V.2. Acceso Múltiple por División de código C.D.M.A.....	112
V.3. C.D.M.A. para la comunicación microcelular móvil.....	114
V.3.2. Número de usuarios por célula en C.D.M.A.....	116
V.4. Red de comunicaciones personales.....	117
V.5. Capacidad de C.D.M.A. PCN para compartir el espectro.....	118
V.6. Redes inalámbricas LAN.....	119
V.7. Estaciones Terminales de Apertura muy Pequeña.....	119
V.8. Tendencias Futuras.....	120
V.8.1. Un sistema de respaldo a la red alamburada.....	120
V.8.2. La célula inalámbrica.....	120
V.8.3. Estereo digital.....	120
V.8.4. Alarmas antirrobo/incendios.....	121
V.8.5. Las comunicaciones en la bolsa de valores.....	121
V.8.6. Radars de policía/radios.....	122
V.8.7. Teléfonos inalámbricos y modems.....	122

CONCLUSIONES.....125

GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS.....I

INTRODUCCION

Es evidente que el espectro electromagnético es un elemento esencial para la infraestructura de las Radiocomunicaciones y que actualmente promueve en gran medida el desarrollo económico, social, cultural y científico de cualquier país. La mayor parte de las investigaciones que se realizan dentro del área de las radiocomunicaciones, están encaminadas a optimizar el uso del espectro así como también a obtener compatibilidad en los dispositivos que conforman los actuales sistemas. Las tendencias a seguir son precisamente aquellas las que proporcionan alternativas que permitan subsanar los problemas que afronta actualmente la saturación del espectro electromagnético.

Las técnicas que en el presente trabajo se describen forman en conjunto una tecnología que puede ayudar a revertir la actual situación del espectro en la medida que se sepa organizar el empleo de la misma. La principal diferencia de los equipos y/o sistemas de radiocomunicación que emplean las técnicas de modulación de Espectro Disperso, a los sistemas convencionales, es que en los primeros la energía media de la señal transmitida se reparte sobre una anchura de banda mucho mayor que la de la información y es precisamente de este hecho, del cual se deriva el nombre de la tecnología. Este sistema esencialmente intercambia una mayor anchura de banda de transmisión con una densidad espectral más baja, y entre sus cualidades más sobresalientes, están las de permitir un mayor rechazo a las señales interferentes que se ocasionan en la misma banda de frecuencias, también permite la posibilidad de compartir el espectro con sistemas de banda estrecha convencionales debido a la posibilidad de transmitir a una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha.

Una descripción más detallada de las técnicas del Espectro Disperso se realiza en el segundo capítulo en el cual se lleva a cabo una descripción de las variantes más elementales que tiene este sistema, así como también se incluyen conceptos complementarios a las técnicas como lo son los códigos de secuencia pseudorandatoria y la correlación entre otros.

Considerando que todo equipo y/o sistema de radiocomunicación debe operar de acuerdo con una reglamentación aplicable; en este trabajo se incluye un ante-proyecto de norma con la intención de que se convierta en una norma mexicana para el uso y explotación de esta tecnología en las frecuencias asignadas, el objetivo principal que se persigue es el de homologar este tipo de equipos para evitar en futuro problemas en la asignación y en el uso del espectro radioeléctrico.

Diferentes y varios procedimientos de mediciones se han introducido para las evaluaciones de los equipos y/o sistemas de R.F.; sin embargo, es evidente que no todas las técnicas de medición son aplicables a cualquier equipo, por esta razón, también se hace una descripción de los procedimientos de pruebas eléctricas que se puedan llevar a cabo en el Laboratorio de Radiación y Propagación del Instituto Mexicano de Comunicaciones procurando que los parámetros que son susceptibles de medirse sean los adecuados para que proporcionen una orientación completa de la calidad del equipo, en términos de pruebas eléctricas.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Introducción

Dada la importancia que ha adquirido el espectro disperso, por el impacto que ha provocado en las telecomunicaciones, es conveniente visualizar, una vez que se tiene el concepto y las técnicas bien definidas, la orientación que tienen sus aplicaciones y, sobre todo las tendencias de las mismas, para que se puedan tomar aquellas que sean aplicables y se adecuen a las necesidades del país.

GENERALIDADES

CAPITULO

I

- 1.1. APLICACIONES
- 1.2. ESPECTRO DISPERSO
- 1.3. SERVICIOS ASISTIDOS
- 1.3.1. TECNICAS DE ASIGNACION
- 1.3.2. CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES

Contrario a la teoría de transmisión de R.F. convencional, en la cual se concentraba la energía sobre una frecuencia central, misma en la que se depositaba la información, con un ancho de banda relativamente angosto, se desarrolla el concepto de "Espectro Disperso" tecnología en la que la información se dispersa sobre un segmento de espectro electromagnético muy amplio con canales de varios Megahertz de ancho de banda y de manera codificada se monta la información sobre los valores de R.F. que recorre el transmisor.

I.- GENERALIDADES

I.1.- ANTECEDENTES

Podemos considerar al 'Espectro Disperso - S.S.D.' (SPREAD SPECTRUM - S.S.S.) como un tipo de comunicación sofisticado cuya fundamentación está basada en la digitalización de una señal y sobretodo en la multiplicación de la misma, para señalar que es precisamente en el concepto de la multiplicación en donde se fundamenta su origen debido a que ha sido concebido como un procedimiento inevitable que garantiza amplia seguridad en la comunicación, protegiéndola contra interferencias o intenciones que se pudieran orientar a perturbarse en la banda de frecuencias transmitida. La necesidad de multiplicar la información surge en la década de los cuarentas cuando en la Segunda Guerra Mundial los sistemas de radiocomunicación se convirtieron en elementos de vital importancia.

Uno de los primeros logros realizados en la criptología fue el telégrafo de alta seguridad desarrollado por los laboratorios Bell en Manhattan en el año de 1941. Los telégrafos presentaban características de más alta seguridad con respecto a los existentes anteriormente, ya que estos estaban equipados con dispositivos de presión mecánica alambres mecánicos para responder a interferencias más allá de las del mundo. Características que se consideraron importantes para las comunicaciones de alta seguridad.



La implementación de los telégrafos de alta seguridad se realizó en condiciones adversas. Fue durante la implementación de tal sistema que surgió un concepto de comunicación de alta seguridad y confidencialidad que se convirtió en un elemento de vital importancia para las comunicaciones de alta seguridad.

Este sistema de comunicación se basó en las técnicas de multiplicación de la información y en la utilización de un código de alta seguridad. Este sistema de comunicación se basó en la utilización de un código de alta seguridad que se convirtió en un elemento de vital importancia para las comunicaciones de alta seguridad. Este sistema de comunicación se basó en las técnicas de multiplicación de la información y en la utilización de un código de alta seguridad.

Este sistema de comunicación se basó en las técnicas de multiplicación de la información y en la utilización de un código de alta seguridad. Este sistema de comunicación se basó en la utilización de un código de alta seguridad que se convirtió en un elemento de vital importancia para las comunicaciones de alta seguridad.

Amos discos tenían que estar exactamente sincronizados, es decir, tenían que comenzar al mismo tiempo y terminar de igual manera, para lograr esto se diseñó un sistema de embrague que permitía asegurar una velocidad uniforme de manera que la aguja que tocaba al disco no brincara fuera del surco; además se disponía de contadores calibrados en milisegundos, y de cambiadores de fase, lo que permitía adelantar o retrasar la velocidad del disco y de esta manera llevar tanto al transmisor como al receptor a una sincronización exacta.

Cabe señalar que este sistema adquirió importancia debido a que fue diseñado para ser empleado por el Primer Ministro Británico Winston Churchill y el Presidente de los Estados Unidos de Norteamérica Franklin D. Roosevelt, además, fue considerado por los criptoanalistas como el primero absolutamente inviolable.

Posteriormente se continuó con el desarrollo de sistemas similares de encriptación en el mismo año (1941). Se empleó otro sistema (A-3) que era operado por la Compañía Americana de Telegrafía y Telefonía en la ciudad de Nueva York; prácticamente su duración fue muy limitada, debido a que se sospechaba que ya había sido posible interceptarlo por los japoneses, sin embargo, fueron los alemanes quienes lograron hacerlo con equipo electrónico que automática e instantáneamente interceptaba las conversaciones, grabándolas, transcribiéndolas y traduciéndolas para posteriormente ser enviadas a Adolfo Hitler, de igual manera que a sus oficiales, varias conversaciones importantes fueron expuestas, como las que efectuaron Roosevelt y Churchill así como las de altos oficiales; de hecho el sistema de encriptación A-3 la usó en varias ocasiones Roosevelt para mandar información codificada por Radiotelegrafía, y entre otros también se sirvió del circuito de radiotelefonía de un transatlántico para contactar con diferentes embajadores extranjeros aliados.

La operación del sistema A-3 basaba su funcionamiento en los conceptos de los años 20's, ya que lo que realmente hacía era dividir la banda de frecuencia de la voz en 5 sub-bandas y se invertía cada una de ellas, de manera que después se alzaba de una sub-banda a otra habiendo en cada cambio un tiempo de 20 segundos, realmente esto era una gran ventaja que se tenía sobre los primeros métodos de encriptación, los cuáles poco después de la Primera Guerra Mundial, simplemente invertían las frecuencias de la banda del habla.

No tardaron mucho los Laboratorios Bell en reconocer que el invertir las frecuencias no era lo más apropiado por lo que reconsideraron el empleo de nuevas técnicas, una de ellas consistía en enmascarar u ocultar la voz con ruido, para posteriormente extraer la información aplicando el mismo método pero con polaridad opuesta y de ese modo cancelarlo y tener acceso a la información. Sin embargo este método no fue trascendental.

En 1944 otro ingeniero de los Laboratorios Bell, Walter Koenig, estudiando la codificación del habla para su encriptación, señaló algunos de los problemas en el último método mencionado.

"Los pioneros en el estudio de los sistemas secretos", decía, "nunca dejan de estar asombrados ante la dificultad de codificar el lenguaje lo suficientemente para destruir el espionaje. El oído puede tolerar o incluso ignorar cantidades importantes de ruido, no linealidad, distorsión de la frecuencia, componentes de frecuencia extraviadas, superposiciones, y otras formas de interferencia. Por estas razones obtenemos frecuentemente información parcial o inclusive completa de un sistema secreto por una decodificación parcial o imperfecta."

Por consiguiente, una relación alta de S/R (Señal a Ruido) se hizo necesaria para cancelar la presencia del habla, pero esto en el momento hizo difícil recuperar la voz.

Continuando con los estudios de los Laboratorios Bell en los años 40's desarrollaron un [Vocoder] o codificador de voz el cual consistía en un analizador y sintetizador de palabra, este desarrollo permitía reducir el ancho de banda para la transmisión del mensaje. Posteriormente este sistema tuvo una modificación lo que provocó que se optimizara todavía más el mismo ya que se manejaron diferentes niveles de potencia en los canales de la información.

Fueron varios los desarrollos que se lograron en el intento de encriptar la información y diferentes las ocasiones en las que se hizo muy necesario cambiar los sistemas ya creados, debido a que como ya se ha podido observar, ningún método ha sido perfecto.

I.2.- ESPECTRO DISPERSO - « E.D. »

El creciente uso de la protección en las comunicaciones confidenciales o el uso de los sistemas de encriptación SIGSALY de más anchos de banda de radio, cada día es mayor, tanto, que ha sido necesario llevar los enlaces a un método de transmisión que fundamentalmente es diferente de otros tipos estándar y que actualmente ha ganado un extenso reconocimiento y uso. Este sistema es conocido como "Espectro Disperso".

En la figura I.2. se muestran dos espectros ideales de dos señales que contienen la misma tasa de datos y son transmitidas a la misma potencia, la señal de banda angosta deposita su capacidad de alcance y sintonía en el hecho de concentrar la energía sobre una frecuencia central con un ancho de banda angosto en el que se transmite la información. Contrariamente en las técnicas de Espectro Disperso, como su nombre lo indica, la señal se expande o dispersa, a todo lo largo de un segmento amplio de espectro electromagnético.

² Nombre asignado por el ejército de los E.E.U.U. a los dispositivos eléctricos que emplean uno o más métodos para convertir una transmisión en una forma no inteligible. También se les conocía a estos dispositivos como SCRAMBLERS.

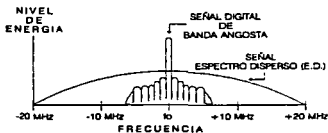


FIGURA 1.2. Espectros de dos señales digitales, una de banda angosta y otra de E. D., ambas tienen la misma tasa de datos y la misma potencia.

Como ya se mencionó las transmisiones más comunes de señales de radio utilizan una banda relativamente angosta de frecuencia a través de la modulación de una señal portadora de frecuencia única. Su buen resultado en mandar un mensaje depende de características tales como la estabilidad de la señal en frecuencia y potencia pero también sufren inevitables desventajas. El ruido en la banda de transmisión degrada una señal de radio normal; de manera que esta se hace vulnerable a interferencia. La figura 1.3. muestra de manera generalizada la interferencia y las pérdidas a las que están frecuentemente expuestas las transmisiones convencionales de banda angosta.

En sistemas privados siempre se ha tratado de evitar la facilidad de la detección de la señal ya que esto pueda permitir que espías enemigos descubran las señales existentes, y por consecuencia, se pueda localizar la ubicación de la fuente de información e inclusive interceptar la misma. Es importante también considerar que en un espectro electromagnético saturado, cada señal compete con aquellas emanadas o provenientes de otras fuentes transmisoras.

I.3.- MARCO HISTORICO

Sin embargo, las leyes de la naturaleza no marcan estrictamente que la radio-transmisión ordinaria sea la única forma de transmitir información; por el hecho de ser la primera creada y la más comunmente empleada por su sencillez. De los años de 1920 a 1940 la idea de una diferente clase de transmisión, (independientemente) puso a pensar a los investigadores en diferentes partes del mundo. La idea de cambiar las transmisiones ordinarias consistió en lograr que la portadora del radio se controlara por una secuencia de tipo pseudoaleatoria constituida por números o bits. El receptor, el cual conoce esta secuencia, la debe emplear para reconstruir la portadora original.

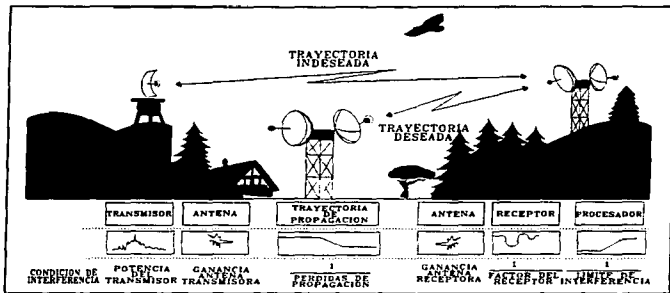


FIGURA 1.3. Proceso de Interferencia generalizado

I.3.1.- TECNICAS DE MODULACION

Una manera de hacer esto, es mediante un proceso llamado Salto de Frecuencia (Frequency Hopping -- « F.H. »). El transmisor emite sucesivamente en diferentes frecuencias en rápidos bloques cortos en un orden controlado sobre una banda ancha. El receptor identifica el orden de los bloques sucesivos y los estructura para reconstruir el mensaje original.

Otra forma de transmisión es la conocida como Secuencia Directa "Direct Sequence" y emplea una secuencia pseudoaleatoria de la misma manera que la técnica de salto de frecuencia, la única diferencia de la técnica anterior, es que está emplea pulsos mucho más cortos que los bits del mensaje que son llamados "Chips". Estos Chips multiplican sucesivamente fracciones de los bits para que posteriormente el resultado sea transmitido. En el receptor la señal que llega es multiplicada por el chip de secuencia para recuperar los bits originales.

También existe la técnica híbrida en la que se combinan las dos técnicas anteriormente descritas aprovechando sus propiedades. Otros dos tipos se deben de señalar, el primero utiliza la modulación por impulsos de frecuencia "Chirped Modulation" donde una portadora barre toda una gama de frecuencias. Los que emplean este tipo de modulación son los sistemas de radar, los cuales, pueden tener una velocidad de barrido que sea una función lineal de tiempo. El otro segundo tipo de espectro disperso emplea una portadora no sinusoidal para conseguir una ganancia de tratamiento adicional. Conviene aclarar que en la información tratada en el presente tabeajo no se incluyen: la técnica de modulación híbrida ni la que emplea una portadora no sinusoidal.

Debido a que este tipo de transmisión emplea, en todas sus formas o técnicas, un extenso ancho de banda en el espectro electromagnético, muchas veces mayor que el ancho requerido por la señal de la información original, ha sido llamado "ESPECTRO DISPERSO". El término ha sido ideado en los años 50's por los Ingenieros Madison Nicholson y John Raney con la compañía Sylvania Electric Products Inc's Electronic System Division en Buffalo, N.Y., los cuales, se considera, fueron pioneros en el desarrollo del sistema.

I.3.2.- CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES

El sistema goza de un gran número de ventajas sobre los sistemas ordinarios de radio-comunicación. Las dos principales características, pudiera decirse que son de carácter militar: su relativa escasa detectabilidad, la cual oculta las transmisiones y su invulnerabilidad a la interceptación de la señal. Las últimas raíces de su ancho de banda natural permiten que una señal interferente, no importa que tan fuerte, ya sea en una frecuencia única, o algunas veces una banda de frecuencias, destruyan únicamente una pequeña porción del espectro total usado para transmitir la información. Su escasa posibilidad de detectabilidad, provoca que en un radio ordinario de banda angosta falle casi toda la transmisión y esta se oiga no como una señal sino como ruido, de igual manera, si el receptor fuese de banda ancha, la señal es tan ancha que pasa desapercibida por estar debajo del nivel de ruido que monitorea el receptor.

Una tercera ventaja surge cuando los canales son ligeramente usados. La tecnología del espectro disperso permite la operación simultánea de muchos transmisores través del mismo canal ancho con muy poca interferencia. La razón es que distintas secuencias pseudocasatorias coincidirán muy raramente, de modo que cada transmisor será muy poco susceptible al ruido producido por otros radios. Pero cuando demasiados transmisores son puestas en operación al mismo tiempo el nivel del ruido se incrementa en proporciones intolerables cuando el uso es constante. Para una situación de este tipo, la asignación de frecuencias individuales para los usuarios resultaría en una mejor convivencia de los equipos.

La secuencia ya sea de frecuencias, bloques de tiempo o chips, es el elemento crítico en el espectro disperso. Si cualquiera lo conociera, o todos emplearan el mismo orden de secuencia, (por ejemplo, subir desde bajas hasta altas frecuencias), la tecnología de E.D. perdería sus ventajas. El orden de secuencia para cada radio debe ser diferente, para mantener fuera del alcance de interferencia a algún otro radio, y ese orden de secuencia debe de ser, en aplicaciones militares, un secreto, para prevenir la interceptación pirata de algún enemigo o interferir la transmisión.

Una manera práctica de lograr la no interferencia, y la no interceptación es generando una secuencia pseudoraleatoria, no obstante, una secuencia que pueda ser reconstruida pero que sin embargo tiene propiedades de aleatoría. Cada secuencia está caracterizada por un algoritmo en el cual una variable secreta determina la transmisión ordenadamente así como también la recepción de la señal. Si el algoritmo y sus variables son propiamente seleccionadas cada secuencia será diferente de cualquier otra, y será virtualmente impredecible a cualquier persona ajena a la comunicación.

Los algoritmos son frecuentemente incorporados en registros de corrimiento con realimentación. El estado inicial del registro corresponde a la variable, su salida a la secuencia.

La historia del E.D. es compleja, muchas personas diferentes, en distintos lugares y momentos, han estado involucradas en el desarrollo del mismo, de manera independiente con los problemas de detección e interferencia y con soluciones a estos problemas. El mismo Marconi, a principios de 1899, ya interesó en la interferencia de los radios y experimentó con la recepción de frecuencia selectiva para disminuirla.

En 1929 en Polonia un ingeniero joven y radiocaficionado Leonard Danilewicz, fabricante de equipo eléctrico y de radio solicitó a la policía armada apoyo general para el desarrollo de un dispositivo de radiotelegrafía secreta que, más tarde escribió,

"Desafortunadamente no ganó aceptación, ya que se consideró como una idea bárbarica consistente en cambios constantes de la frecuencia del transmisor."

³ Marconi, Guillermo (1874-1937). Inventor italiano. Perfeccionó el sistema de telegrafía sin hilos. Premio nobel de física en 1909.

En Suiza, en los años 30's, un inventor prolífico, Gustavo Guanella, proyectó un sistema de radar que hizo vacilar sus transmisiones en frecuencia en una alta medida, entre un límite alto y otro bajo" y empleó un correlacionador en el receptor. Por su parte en Alemania los ingenieros de Telefunken Paul Kotowski y Kurt Dannel, solicitaron en 1935 patentar un dispositivo para ocultar señales de voz debajo de una banda ancha como señal de ruido producida por un generador rotante. Y en los E.E.U.U., también se desarrolló un esquema de la técnica frequency hopping.

Algunas ideas del Espectro Disperso fueron aplicadas en la II Guerra Mundial, quizás más por los opositores a los países aliados, sobretudo en lo que respecta a radares, en donde la sincronización de la secuencia pseudaleatoria entre el transmisor y el receptor no representa un problema. Después de la guerra el valor militar que adquirió el concepto, guió ulteriormente más las investigaciones y las expandió en un número mayor de firmas americanas y universidades.

En el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Cambridge, en 1947 tres personas desarrollaron el primer correlacionador electrónico. Aproximadamente al mismo tiempo, en N.Y., en los Laboratorios de Sylvania utilizaron Espectro Disperso para la teledirección de un misil y para el sistema de navegación. Un ingeniero de los Laboratorios de Telecomunicación Federal en N.J. creó un generador pseudaleatorio.

En 1953 el Laboratorio Lincoln desarrolló un radioteletipo con tecnología E.D. para el cuerpo de la señal, usandoseudoruido digital, el sistema fue llamado F9C y se usó durante varios años.

El concepto del E.D. adquirió mayor importancia en el verano de 1982 cuando las fuerzas israelíes derribaron 92 MIG's Sirios en el valle Bekaa con una pérdida de tan sólo 2 aeronaves israelíes. Esto contrapuesto favorablemente con la pérdida de Israel de 89 aeronaves en 1973 en la Guerra de Yom Kippur, cuando los aviones israelíes, carecían del E.D., parecían ser interceptados. La razón es que los Sirios fueron incapaces de degradar significativamente las comunicaciones de la fuerza opositora por que éstos portaban radares con tecnología frequency-hopping (E.D.) fabricados por Taridan Electronic Industries.

No es hasta la década de los ochentas's cuando se libera la tecnología para su explotación comercial. La FCC además de liberarla fomenta la aplicación de la misma en otras áreas con la intención de evitar la interferencia. Las razones que los impactan más en el uso del espectro y ya no en la privacidad de las comunicaciones, ideas que dió origen a su desarrollo.

Conviene señalar que los términos de Espectro Disperso involucran una serie de técnicas o métodos diferentes y variados. Las técnicas más comerciales liberadas por la FCC son las técnicas de Secuencia Directa (Direct Sequence) y Salto de Frecuencia (Frequency Hopping). Sin embargo, existen métodos más sofisticados cuya función principal es la de anunciar la información y no la de optimizar el uso del espectro radioeléctrico. Esta es la razón por la que el ejército de los E.E.U.U. se reserva el derecho de liberar cualquier otra tecnología.

En la década de los 90's las ventajas que ofrece el espectro disperso han guiado su aplicación en la comunicaciones vía satélite, en el sistema de posicionamiento global para navegación, en radiotelescopios y en la localización por radar.

Se hace evidente que cada día el interés por las transmisiones en banda ancha se acrecienta. Actualmente en esta década varios sistemas de comunicaciones se encuentran en transición debido a que no encuentran en las transmisiones de banda angosta la capacidad necesaria para para el servicio que ofrecen; por un lado y por otro, ya no es tan sencillo realizar asignaciones de frecuencias como antes.

Un ejemplo es la telefonía celular de la cual ya se encuentra operando por lo menos un sistema C.D.M.A. Spread Spectrum.

**TECNICAS
Y
PARAMETROS
DE
MEDICION**

CAPITULO

II

- E.1. CONSIDERACIONES EN LA ESTRUCTURACION DE UNA SEÑAL DE ESPECTRO DISPERSO**
- E.1.1. SEÑALES SEUDOLENTOFORMAS**
- E.1.2. SEÑALES SEUDOLENTOFORMAS**
- E.1.3. SEÑALES DE ANCHO DE BANDA DISPERSO**
- E.1.4. CORRELACION**
- E.2. TECNICAS DE APRECIACION DE ESPECTRO DISPERSO**
- E.2.1. ESPECTRO DISPERSO POR ESPERANZA DIRECTA**
- E.2.2. ESPECTRO DISPERSO POR CAMPO DE FRECUENCIAS**
- E.2.3. ESPECTRO DISPERSO POR CAMPO DE FRECUENCIAS**
- E.3. CARACTERISTICAS DE LA RELACION SEÑAL/NOISE EN LOS SISTEMAS D.S. Y F.S.**
- E.3.1. RELACION SEÑAL/INTERFERENCIA**
- E.4. MEDICION DE PARAMETROS DEL SISTEMA**
- E.4.1. SUPUESTOS TEORICOS**
- E.4.2. FRECUENCIA DE OPERACION**
- E.4.3. POTENCIA**
- E.4.4. ANCHO DE BANDA**
- E.4.5. SENSIBILIDAD**
- E.4.6. TASA DE BIT ERRORES EN BPS PERDIDA**
- E.4.7. GANANCIA**
- E.4.8. PATRON DE MODULACION**
- E.4.9. RELACION DE TIEMPO DE CARRAS ESTACIONARIAS (V.S.W.R)**

No es hasta ahora, en estos últimos años, cuando se crean las condiciones propicias para lograr expandir el espectro sobre un ancho de banda mucho mayor que el de la misma información. Con el desarrollo extraordinario de la microelectrónica y sobretudo el de las técnicas de digitalización se lograron estructurar, con el surgimiento de los registros de correlación, secuencias de estados de tipo pseudaleatorio, y con la aparición de los correlacionadores se garantizó la selección única de una señal libre de interferencia; esto nos conduce a pensar, que en décadas anteriores no hubiese sido posible el surgimiento de la tecnología Spread Spectrum.

II.1.- CONSIDERACIONES EN LA REESTRUCTURACION DE UNA SEÑAL DE ESPECTRO DISPERSO.

II.1.1.- SCRAMBLER SEUDOALEATORIZADOR

Un elemento muy importante en la estructura de las técnicas es el pseudoaleatorizador, también conocido como generador de secuencias pseudoaleatorias; ya que los principales modos del E.D. emplean secuencias pseudoaleatorias para generar la secuencia de expansión, la cual provocará que la señal se dispersa en un amplio ancho de banda. Los pseudoaleatorizadores básicamente se implementan como registros de corrimiento con realización, que pueden disponerse en cascada. Como se muestra en la Figura II.1., el bit de entrada se modifica añadiendo el estado de ciertos bits seleccionados del registro de 7 bits al bit entrante. Los bits de entrada 2, 3, etc., se cambian mediante los bits subsiguientes. Los pseudoaleatorizadores se diseñan con el fin de asegurar que los valores de ángulo de fase posibles tengan igual probabilidad de producirse y así procurar corrimientos de fase suficientes como para que el demodulador del receptor recupere la señal del reloj.

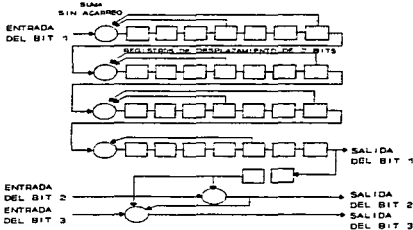


FIGURA II.1. Pseudoaleatorizador de Tribbles (tres bits).

Aunque la aleatorización es necesaria por las razones descritas, hace aumentar la tasa de error, ya que es probable (y en algunos casos seguro) que un error en un bit ocasione errores en bits subsiguientes. Para impedir estos fallos, algunos modos codifican la entrada del pseudoaleatorizador en código Gray para que el error más frecuente en decodulaciones (tomar un valor de un estado de fase adyacente), cause únicamente un error de un bit cuando se decodifique en el receptor. Como se puede observar en la tabla II.1, el código Gray tiene la propiedad de que, entre dos números binarios sucesivos cualesquiera (número de tres bits en este caso), solo un bit cambia de estado.

En lo que respecta al desaleatorizador del receptor realiza la operación inversa al aleatorizador

Decimal	Binario	Código Gray
0	000	000
1	001	001
2	010	011
3	011	010
4	100	110
5	101	111
6	110	101
7	111	100

TABLA II.1 EQUIVALENCIA ENTRE CODIGOS BINARIO Y GRAY DE TRES BITS

II.1.2.- SECUENCIAS SEUDOALEATORIAS

El aleatorizador se implementa dividiendo el polinomio del mensaje por un polinomio generador mediante un registro de corrimiento con realimentación. En el proceso de aleatorización (específicamente en el dispositivo transmisor) se divide el polinomio del mensaje, del que los bits de los datos de entrada son los coeficientes en orden decreciente, por un polinomio generador. Esto se realiza continuamente a medida que se introduce cada bit en el aleatorizador, y el resultado se toma como la secuencia de datos transmitida, y se conoce como una Secuencia de datos pseudoaleatoria. Ambas técnicas, (la FH y la DS) de espectro disperso emplean secuencias pseudoaleatorias para generar la secuencia de expansión.

Mientras que hay demasiadas posibles diferentes secuencias, la más comúnmente usada es la de "máxima longitud" que frecuentemente están referidas a secuencias pseudo-ruido.

Quando se desea clasificar una serie finita de eventos del tipo aleatorio o de cualquier otro tipo, se debe de referir a las condiciones a priori bajo las cuales la secuencia fue producida, en lugar de realizar una consideración a posteriori, de que propiedades presenta la serie de eventos, de este modo, si consideramos que una secuencia de unos y ceros es generada por lanzar una moneda al aire (Aguila = 1, Sol = 0), lo podemos considerar como un proceso completamente aleatorio o un proceso impredecible. No obstante, si una secuencia similar de unos y ceros es generada por un dispositivo determinístico tal como un registro de corrimiento, aunque parezca que la secuencia fuese aleatoria, no lo es, ya que esta diseñada como una secuencia pseudoaleatoria.

Como ya se mencionó, uno de los dispositivos que se emplea, para generar secuencias pseudoaleatorias determinísticas más simple y efectivo es el registro de corrimiento. Un registro de corrimiento de grado "n" es un dispositivo que almacena "n" posiciones binarias consecutivas el cuál varía de una posición a otra en orden descendente por medio de un reloj interno. Un registro de corrimiento puede ser convertido en un generador de secuencias aleatorias adicionando una realimentación de laso cerrado el cuál calcula un nuevo término para el primer estado basado en los previos "n" términos.

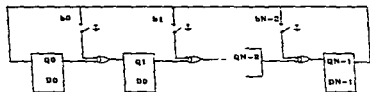


FIGURA 11.3 Registro de Corrimientos aplicado como un Generador de Secuencias Pseudocasuales.

la salida (de la posición 4) en cada estado será continuamente en un periodo de 15 estados.

Un ejemplo se muestra en la figura 3, donde $n = 4$ y la realización de los estados 3 y 4 se lleva a cabo a través del nodo de suma-2, que realiza la suma y el regreso al estado 1. Las reglas aritméticas del nodo de suma son: $0+0=0$, $1+1=0$, $1+0=1$, y $0+1=1$. Si el estado inicial del registro de corrimiento es 1000 (leído de izquierda a derecha), entonces la sucesión de estados generada por los pulsos de reloj será: 1000, 0100, 0010, 1001, 1100, 0110, 1011, 0101, 1010, 1101, 1110, 1111, 0111, 0011, 0001, 1000, y el estado será 00010011010111. Esto se

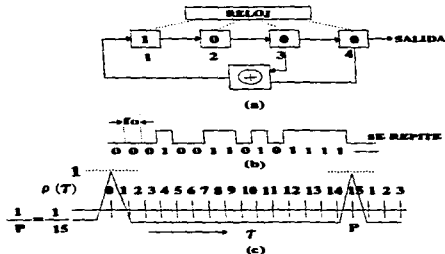


FIGURA 11.3 (a) Registro de corrimiento de cuatro estados. (b) Código secuencial pseudocasual, se repite cada 15 elementos. (c) Función de autocorrelación.

Como se puede observar, la secuencia parece aleatoria, sin embargo, es determinística y tiene una periodicidad finita. Dado cualquier registro de corrimiento lineal de grado n , la secuencia de salida siempre es periódica con un periodo a lo más de $p=2^n$. Cualquier secuencia de salida que desarrolle un periodo de $p=2^n$ es conocida como secuencia lineal de máxima longitud.

II.1.3.- SECUENCIAS DE MÁXIMA LONGITUD.

Los códigos que resultan de las secuencias de máxima longitud, tienen importantes propiedades, las cuales a continuación se describen:

PROPIEDAD DE BALANCE

1) En cada período de la secuencia el número de unos difiere, a lo más 1, del número de ceros (Propiedad de balance).

PROPIEDAD DE CORRELACION

2) Si un período de la secuencia es comparado término por término, el número de términos que son iguales difiere, como máximo 1, de los que son diferentes. (Propiedad de correlación)

PROPIEDAD DE SERIES

3) Entre las series de unos y ceros en cada período, la mitad de las series de cada tipo son de longitud uno, un cuarto de cada tipo son de longitud dos, un octavo de longitud tres, y así sucesivamente. De esta manera, las distribuciones estadísticas son bien definidas y siempre las mismas, pero la posición relativa de las series varía de código a código. (Propiedad de series).

PROPIEDAD GÉNERICA

4) El nodo de suma-2 de un código lineal de máxima longitud con una réplica desplazada de sí misma resulta en otra réplica con un desplazamiento de fase diferente de cualquier réplica (Propiedad genérica).

Usando todas las combinaciones lineales posibles de realimentación para un registro de n estados, existen $[(2^n-1)/n]$ máximas secuencias lineales que pueden ser generadas. Aquí $\phi(2^n-1)$ es una expresión de Euler. La tabla II.2 muestra algunos números representativos de secuencias posibles que pueden ser generadas por registros de corrimiento con n estados. Como se puede ver secuencias de números largos están disponibles una vez que el registro de corrimiento usa secuencias de longitud más grandes que de 10.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean los Elementos de Diagrama (Especificaciones Técnicas y Parámetros de Medición)

ESTADOS DE REGISTRO CORRIMIENTO, n	NÚMERO TOTAL DE FRECUENCIAS	LIMITACIÓN DE FRECUENCIA
4	2	1n
8	16	1n
10	60	1n
12	144	400n
14	756	1000n
15	1800	1200n
16	2049	655n

Tabla II.2 muestra registraciones de los estados posibles que pueden ser generados por registros de encendido en "n" etapas.

II.1.4.- CORRELACION

La correlación es un proceso fundamental en un sistema de comunicaciones, especialmente en que consiste en recibir, desde un transmisor, la información de una estación receptora. La correlación se completa al momento que se realiza una comparación de la información que se recibe con la información que se transmite. La correlación se expresa directamente con un número que muestra el nivel de correlación entre los dos estados de esta estación. En los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 1.0, y en los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 0.0.

En el momento que se realiza la correlación, la información es transmitida en un estado de correlación que indica que la información es correcta y que no hay errores.

El nivel de correlación es un indicador de la calidad de la información que se recibe. En los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 1.0, y en los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 0.0.

En el momento de correlación, la información es transmitida en un estado de correlación que indica que la información es correcta y que no hay errores. El nivel de correlación es un indicador de la calidad de la información que se recibe. En los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 1.0, y en los casos de correlación perfecta, el nivel de correlación es igual a 0.0.

ESTADOS DE REGISTRO CORRIMIENTO, n	NUMERO TOTAL DE SECUENCIAS	LONGITUD DE SECUENCIA, DE
4	2	15
8	16	255
10	60	1023
12	144	4095
14	756	16383
15	1800	32767
16	2048	65535

Tabla II.3 valores representativos de secuencias posibles que pueden ser generadas por registros de corrimientos con "n" estados.

II.1.4.- CORRELACION

La correlación es un proceso fundamental en un sistema de Espectro Disperso ya que constituye un método común en la recepción de señales. En este proceso prácticamente se compara la similitud que existe entre dos señales; es decir, que tan similares son en apariencia una con respecto a la otra. El grado de semejanza es expresado frecuentemente con un número que puede variar desde cero hasta uno, de esta manera, un par de señales perfectamente iguales es indicado por un cero y un par parcialmente semejante puede tener un valor que varía entre cero y uno, dependiendo de la semejanza.

En un receptor con tecnología F.D. la correlación es frecuentemente empleada para identificar una señal que ha sido codificada con la secuencia pseudoaleatoria deseada.

Físicamente un correlacionador comúnmente está compuesto por un mezclador y por un filtro pasabajos y la función básica de los dos elementos es la de promediar; y es en el mezclador en donde se comparan las dos señales y ambas se multiplican. Una vez que se ha efectuado la promediación en el circuito correlacionador, a la salida del mezclador, se reporta el promedio de similitud de las dos señales.

En un sistema de Secuencia Directa, el correlacionador es usado para identificar y detectar señales con el código de dispersión deseado. Las señales ampliadas con otros códigos pseudoaleatorios, o las señales que no fueron ampliadas en su totalidad, difieren estáticamente de la señal deseada y como consecuencia a la salida del correlacionador se obtendrá un valor con un nivel bajo. La señal deseada tendrá una buena correspondencia con el código pseudoaleatorio generado localmente y esto provocará un valor con un nivel alto a la salida del correlacionador.

Debe hacerse notar que el circuito de promediación del correlacionador da el valor promedio del mezclador sobre el tiempo. Si una cantidad de ruido o de interferencia están presentes, parte de la señal recibida será afectada y contendrá errores; por lo que considerando esto, en el mezclador, la señal es interferente también serán dispersadas, pero casi de manera simultánea, serán suprimidas porque en el momento en el que la señal deseada es devuelta a su forma original y se estrecha su banda, se acciona el filtro pasabajas del correlacionador permitiendo el paso únicamente a la señal de banda angosta que contiene la información. Puede decirse que este es el mecanismo en el cual fundamenta el sistema de Secuencia Directa el proceso de rechazo de interferencia.

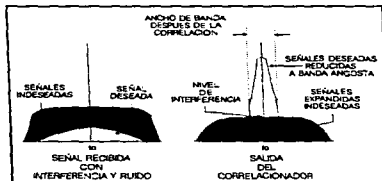


FIGURA II.4 Comparación de una señal a la entrada y a la salida de un correlacionador.

En un sistema FH la acción de la correlación se implementa de diferente manera, pero el concepto básicamente es el mismo. La frecuencia transmissora portadora se mueve varias veces por segundo

Por otra parte, el hecho de conocer el espectro de potencia de la señal transmitida y la correlación entre los diferentes códigos pseudorandómicos usados en la expansión del espectro, permite estimar el funcionamiento de un sistema de espectro disperso. El espectro puede llegar a ser mucho mejor, haciendo uso de la ya muy bien conocida relación transformada de Fourier entre la función de autocorrelación y el espectro de potencia.

Se puede definir una función de correlación normalizada para funciones de tiempo con la siguiente expresión:

$$\rho(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T F_1(t) F_2(t+\tau) dt. \quad \dots \dots \dots (II.1)$$

Cuando F_1 y F_2 representan la misma función, la ecuación II.1 proporciona la autocorrelación, mientras que cuando representan funciones desiguales, la correlación es determinada. Para secuencias binarias, esto provoca que ρ pueda ser determinada de manera relativamente simple observando que la variable τ en la ecuación 1 es el número de bits o dígitos por los cuales la segunda secuencia es desplazada con respecto a la primera. Después por medio de la comparación de las dos secuencias bit por bit, la función de correlación normalizada es determinada de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{\text{número de concordancias} - \text{número de desacuerdos}}{\text{número de dígitos en el periodo de la secuencia}} \quad \dots \dots \dots (II.2)$$

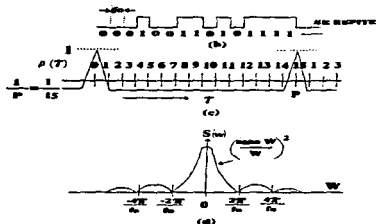


FIGURA 11.5 (b) Código de secuencia pseudotelegráfica que se repite cada 15 elementos. (c) Función de autocorrelación. (d) Espectro del código pseudoteleográfico.

El espectro de potencia de una forma de onda binaria pseudotelegráfica con una función de autocorrelación como la que se acaba de describir es:

$$S(\omega) = \left(\frac{p+1}{p}\right)^2 \left[\frac{\sin \omega t_0 / 2}{\omega t_0 / 2}\right]^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - 2\pi n / p t_0) + \frac{1}{p^2} \delta(\omega)$$

ecuación II.3

Donde "p" es el periodo de la secuencia, "t₀" es el periodo de un dígito de la forma de onda binaria, y "δ" es la función de impulso. La función de autocorrelación y el espectro de potencia para formas de onda binarias se ilustran en la figura 3-A.

Se deben de observar varios puntos en el espectro de la figura 3-A. Primero que es un espectro de líneas con frecuencias en múltiplos de la frecuencia fundamental. Segundo, hay un factor de escala inversamente proporcional al periodo de la secuencia. De esta manera, si el periodo de la secuencia es doblado, las líneas en el espectro se hacen doblemente densas, pero la potencia en cada una es reducido por un factor de 2. Esto se debe a que la forma de onda binaria es una onda cuadrada de amplitud constante y por consiguiente tiene una potencia constante. Tercero, la envolvente del espectro (una función del tipo $(\text{seno } x/x)^2$), es determinado por el periodo del dígito de la forma de onda, por lo tanto, la función de expansión del ancho de banda es independiente de la longitud del código de la forma de onda, pero sí es determinado, únicamente, por el periodo del dígito, por ejemplo, la frecuencia de los cambios de la forma de onda.

Un parámetro determinante en el buen funcionamiento o en la calidad de la transmisión de un sistema de comunicaciones es la relación de señal a ruido S/N . Debido a que muchos sistemas de telecomunicaciones deben operar con una relación de S/N muy baja en la portadora, desde hace años se han hecho esfuerzos para encontrar técnicas que permitan radar y tener un buen alcance, así como también se han buscado sistemas de comunicación con un alto grado de resolución o exactitud en la transmisión de la información. En estos esfuerzos, han jugado un papel muy importante, los avances en la teoría estadística de la comunicación, la teoría de la codificación, y el desarrollo de componentes digitales miniaturizados (la micro-electrónica).

Un investigador muy importante en el campo de la teoría estadística de las comunicaciones (mejor conocida como Teoría de la Información), Shannon demostró que la capacidad de un canal al transferir errores en la información se engrandece con el aumento del ancho de banda, aún cuando la relación de S/N es disminuida a causa del aumento del ancho de banda.

Esta es la base teórica sobre la cual fundamenta sus técnicas el sistema "Spread Spectrum".

El siguiente ejemplo nos permite observar los beneficios que se obtienen al emplear la modulación de una portadora con un ancho de banda significativamente más amplio que el ancho de banda en banda base, necesario para el paso de la información. El ejemplo consiste en observar el caso de la banda FM convencional. Como bien es sabido, el ancho de banda necesario por una señal de FM no es función únicamente del ancho de banda de la información sino también, de la cantidad o porcentaje de la modulación. La reducción del ruido y la interferencia es una ventaja de FM sobre AM, sin embargo llega a ser significativa únicamente cuando la densidad de la frecuencia de la portadora demodulada, grande en comparación con la modulación de la frecuencia. Por tal, cuando se excede el umbral de ruido en la banda amplia FM, se puede obtener a la salida del dispositivo una ganancia de proceso que es una mejora en la relación señal a ruido sobre la entrada del dispositivo.

Desde el momento en que la banda amplia de FM produce un espectro mucho más amplio que el requerido para la información transmitida, se ha podido considerar (por algunas personas), como una técnica de espectro disperso. No obstante, difiere de las técnicas de espectro disperso, en que estas últimas emplean alguna otra señal u operación más, que la información que es enviada, para dispersar la señal transmitida en una banda ancha, mientras que en el caso de FM la misma señal es empleada para ampliar la banda de la señal transmitida. Sin embargo, las técnicas de espectro disperso tienen una ganancia de proceso de la señal análogo a la banda ancha de FM que permite la reducción de ruido en la portadora, o bajos niveles de potencia transmitida para producir un satisfactorio funcionamiento del sistema.

Tres principales técnicas de espectro disperso serán tratadas en el presente trabajo, que permitirán comprender la potencialidad del sistema:

- 1).- ESPECTRO DISPERSO POR SECUENCIA DIRECTA, en esta técnica se modula una portadora por un código digital secuencial, obteniendo de esta manera una tasa de bits mucho más alta que el ancho de banda de la señal.

2).- **ESPECTRO DISPERSO POR SALTO DE FRECUENCIA**, en la cual la portadora es conmutada o desplazada en frecuencia, en incrementos discretos, en un patrón determinado por un código digital secuencial; y por último.

3).- **ESPECTRO DISPERSO POR IMPULSOS DE FRECUENCIAS (CHIRP)**, técnica en la que se barre linealmente una portadora sobre una banda ancha de frecuencias durante un pulso dado.

II.2.- TÉCNICAS DE MODULACION DE ESPECTRO DISPERSO

II.2.1.- ESPECTRO DISPERSO POR SECUENCIA DIRECTA

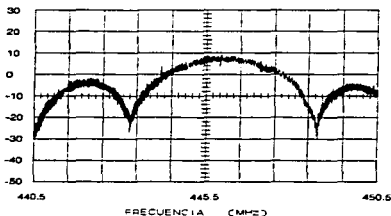


FIGURA II.6 Espectro de una señal "BPSK" modulada con la técnica Secuencia Directa «S.D.».

La Secuencia Directa es una técnica que implícitamente en su estructuración emplea una secuencia digital de código, además de utilizar cualquier tipo de modulación convencional, para modular una portadora de RF por una señal de espectro disperso (ver figura II.6). Debido a que se emplea un código digital posee la característica de contar con una velocidad de datos codificados muy superior a la velocidad binaria de la señal de la información, de hecho cada bit de información digital se transmite como una secuencia pseudoaleatoria de datos codificados.

El espectro de cada tipo de señal de E.D. depende de distintos factores, algunos de ellos son el tipo de código de dispersión empleado, el tipo de técnica empleado (Secuencia Directa o F.H.), el ancho de banda de la modulación y el mismo método de modulación.

⁴ MODULACION EN FRECUENCIA «FM», MODULACION EN AMPLITUD «AM», MODULACION EN FASE «PM».

Un método corriente de modulación es la Modulación por Desplazamiento de Fase (MDP) Bústica, o la que es bien conocida como: modulación por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK).

La figura II.6 muestra el espectro ideal característico de la técnica de D.S. con una modulación BPSK. La señal es simétrica en torno a la frecuencia central y contiene varios picos que son conocidos como lóbulos; el lóbulo principal alcanza su máximo en la frecuencia central pero decrece rápidamente, al punto en el cual el lóbulo principal decrece a su valor más bajo es conocido como el primer cero; los lóbulos subsiguientes son llamados lóbulos laterales espectrales. El lóbulo principal de una señal D.S. contiene la mayor potencia, cerca del 90%, mientras que el restante 10% está distribuido en los lóbulos laterales.

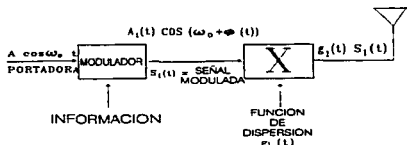
En muchos sistemas, los lóbulos laterales son ligeramente recortados cuando tienden a extenderse todavía más allá del intervalo del espectro, los cuales contienen poca potencia de la señal.

Históricamente hablando, la herramienta matemática básica, en radiocomunicaciones, han sido los análisis de tiempo y frecuencia de Fourier. Generalmente la señal de radiofrecuencia es vista como una combinación lineal de ondas sinusoidales; el concepto clásico de la modulación involucra la variación de cualquiera de los tres parámetros (Amplitud, Frecuencia o Fase) asociado con una onda sinusoidal como una portadora de la información.

En estos últimos años, han tomado mayor importancia las comunicaciones digitales en las cuales la señal digital, desde un punto de vista conceptual, se considera como una secuencia de unos y ceros. En la práctica esto incluye un tren de pulsos en donde un "1" es un pulso y un "0" no es un pulso, o usando una señal portadora de alta frecuencia para la cual un cambio de fase de 90° es un "1" y -90° un "0". El tren de pulsos puede ser visto como un tipo de amplitud modulada de onda cuadrada mientras que la secuencia de ±90° puede ser vista como una onda sinusoidal con modulación de fase o como onda sinusoidal con amplitud modulada equilibrada.

Una de las propiedades más importantes de las ondas sinusoidales es que todas las armónicas "seno nx", de la función fundamental seno x, son mutuamente ortogonales y el seno x es también ortogonal a dos de sus armónicas de fase de 90°, $\cos x$ y $-\cos x$ (en términos estadísticos ortogonal significa no correlacionado). Se ha encontrado que las propiedades ortogonales de esta clase están entre las atribuciones más deseables de las señales en diferentes y variadas situaciones de comunicaciones.

Cuando se tiene que codificar una serie de mensajes posibles para un enlace de comunicación uno puede decidir que las maneras de codificar sean tan distintas mutuamente, tanto como sea posible. Esto es lo que de manera similar se lleva a cabo en el caso ortogonal o incorrelacionado, de hecho, sobre estas bases fundamentan sus orígenes los esfuerzos y los avances, que se han logrado, en el desarrollo de los códigos de corrección de error. De manera similar, los códigos ortogonales juegan un papel importante en las técnicas de E.D. y permiten que una cierta cantidad de señales sean transmitidas en la misma frecuencia portadora y ocupen los mismos anchos de banda de R.F..



La figura II.7 muestra un diagrama a bloques de un transmisor de un sistema de E.D. en una forma generalizada. En el transmisor, una portadora $A_1 \cos \omega_0 t + \phi(t)$ es modulada en un modo muy general por algún método de modulación de amplitud, modulación de ángulo, o una combinación de ambas para producir:

$$E_1(t) = A_1(t) \cos(\omega_0 t + \phi(t))$$

ecuación II.4

FIGURA II.7 Diagrama de un transmisor con la técnica de Seguridad Directa.

Esta señal modulada es posteriormente multiplicada por una función de tiempo, $g_1(t)$, la cual dispersa la energía de $S_1(t)$ sobre un ancho de banda considerablemente más amplio que el de la señal modulada. Posteriormente la señal resultante, $g_1(t) \cdot S_1(t)$ es transmitida a través de un canal de radio donde se combina linealmente con otras señales y ruido. Una vez que la señal entra al sistema receptor, a través de una antena, esta es procesada para recuperar la señal de la información deseada. Para lograr esto, la señal compuesta que ha entrado al sistema receptor es multiplicada por una réplica exacta de la función expansora del espectro $g_1(t)$, de manera que a la salida del multiplicador tendremos:

$$\text{señal deseada} = g_1^2(t) \cdot S_1(t)$$

señales

$$\text{indeseadas} = g_1(t) \cdot g_2(t) \cdot S_2(t) + \dots + g_1(t) \cdot g_n(t) + g_1(t) \cdot S'(t) + g_1(t) \cdot N$$

Donde: la función $g_1(t) \cdot g_2(t) \cdot S_2(t)$ representa otras señales E.D., y en lo que respecta a $g_1(t) \cdot S'(t)$ y a $g_1(t)$ representan otras señales y ruido, las cuales también han sido expandidas en el receptor, sobre una banda ancha, por la función $g_1(t)$.

La señal que sale del multiplicador es posteriormente conducida a un correlacionador y a un filtro pasabanda. De esta manera si la función $g_1(t)$ es seleccionada para que $g_1^2(t) = 1$ y $g_1(t) \cdot g_2(t) = 0$, entonces el receptor será capaz de extraer únicamente la señal deseada de todas las otras señales E.D.. Y en lo que respecta a la señal $S'(t)$ y al ruido serán reducidos significativamente en energía por el filtro pasabanda ya que ha sido diseñado para banda angosta, construido lo suficientemente selectivo para permitir únicamente el paso a la señal deseada únicamente, la cual al ser multiplicada por la función $g_1(t)$, se obtiene la señal original de la información.

Debido al proceso de ampliación y reducción, el ancho de banda de la radiofrecuencia es transparente a la señal de la información deseada, cualquier tipo de codificación para aumentar la confiabilidad, como la corrección de errores o la detección del código debe ser empleado como se decidió en el modo usual para proporcionar privacidad.

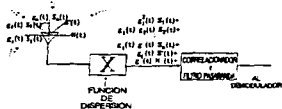


FIGURA 11.8 Diagrama de un receptor típico con la técnica de Secuencia Directa.

La adición de la información a un código secuencial involucra a un código binario. (La Modulación Digital de Cambio de Fase (Phase-Shift Keying), no es el único tipo de modulación que puede usarse, cualquier otra forma de modulación digital puede tener lugar en los procesos de E.D.). Una vez que se ha ampliado la señal digital, en el receptor la señal es devuelta a su forma original no sin antes correlacionar las señales recibidas con una señal de referencia idéntica al código de dispersión usado en el transmisor, de esta manera la señal deseada se colapsa con su ancho de banda original.

Las señales que no han sido correlacionadas con el código de dispersión, son dispersas por la señal de referencia local a su ancho de banda, o más, mientras que un filtro pasabanda suprime sus efectos exceptuando la señal deseada.

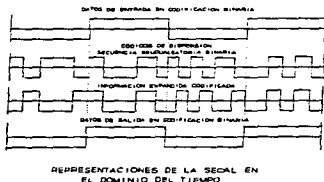
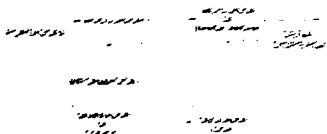


FIGURA 11.9 Representación de las señales en sus diferentes etapas del proceso (en la transmisión y recepción).

11.2.2. - ESPECTRO DE FRECUENCIAS POR MÉTODO DE FRECUENCIA

Una ventaja de cualquier sistema por método de frecuencia es similar a los métodos de amplitud, los cuales permiten la selección de frecuencias de modulación en el ancho de banda de transmisión de un canal de comunicación. En el método de frecuencia, la información es transmitida en forma de ondas de modulación en frecuencia. La ventaja de este método es que permite seleccionar las frecuencias de modulación con la técnica de selección de frecuencias.

En un sistema de modulación por método de frecuencia, la selección de frecuencias de modulación se realiza en el momento de la modulación de la información. La selección de frecuencias de modulación se realiza en el momento de la modulación de la información.



Una de las técnicas más utilizadas en la selección de frecuencias de modulación es la selección de la información. En el método de método de frecuencia, la información es transmitida en forma de ondas de modulación en frecuencia. La ventaja de este método es que permite seleccionar las frecuencias de modulación con la técnica de selección de frecuencias.

Visto desde un punto de vista generalizado, se puede considerar al sistema PE como un sistema de modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF) en el cual se utiliza un parámetro de frecuencia, seleccionados por código, para transmitir la información de banda estrecha.

FIGURA 11.1 Diagrama de bloques de un transmisor con la técnica de modulación por método de frecuencia.

Cuando el receptor recibe en el momento de la modulación, una señal modulada con código de frecuencia, la frecuencia que será recibida en el momento de la modulación original, la cual, posteriormente, se selecciona de una manera convencional.

El ancho de banda sobre el cual, la señal es transmitida es esencialmente independiente del código de señal y puede ser elegido por una combinación del número y tamaño del ancho de la frecuencia. En la figura 11.2 se muestra un ejemplo de potencia idealizado para el método de PE de R.D., tiene una envolvente rectangular y se extiende a través de un ancho de banda $B_n = (2 -$

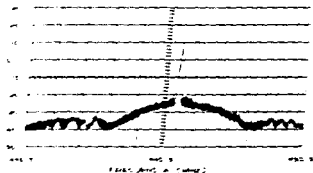


FIGURA 11.2 Espectro de una señal modulada con la técnica de desplazamiento de frecuencia (MDF).

II.2.2.- ESPECTRO DISPERSO POR SALTO DE FRECUENCIA

La técnica de Espectro Disperso por Salto de Frecuencia es similar a las técnicas de modulación por Secuencia Directa. La diferencia principal radica en el modo de transmisión generado y en el modo en cual la interferencia es rechazada. La figura II.10 muestra un sistema generalizado de espectro disperso con la técnica Salto de Frecuencia.

De manera análoga al método de Secuencia Directa, en la técnica de Salto de Frecuencia se emplea un código pseudoaleatorio, tanto en el transmisor como en el receptor, ambos capaces de producir códigos idénticos con la apropiada sincronización.

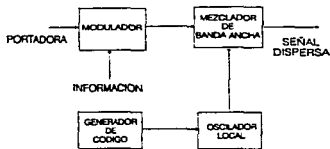


FIGURA II.10 Diagrama a bloques de un transmisor con la técnica F.H..

transportada por un conjunto de frecuencias de banda estrecha.

Cuando el oscilador local en el receptor es conmutado con una réplica sincronizada del código transmitido, la frecuencia que será removida salta en la señal recibida abandonando la señal original modulada, la cual, posteriormente, es demodulada de una manera convencional.

El ancho de banda sobre el cual, la energía es dispersa, es esencialmente independiente del código de reloj y puede ser elegido por una combinación del número y tamaño del salto de la frecuencia. En la figura II.12 se muestra un espectro de potencia idealizado para el método de FH de K.D.; tiene una envolvente rectangular y se extiende a través de un ancho de banda $B_{FH} = (2^N -$

Como en la técnica anterior, no hay restricción en la elección de la modulación de la información. En el método de Salto de Frecuencia el código secuencial pseudoaleatorio es empleado para conmutar la frecuencia portadora, en lugar de, modular directamente la misma, es decir, se hace variar de manera pseudoaleatoria la frecuencia portadora en incrementos discretos dentro de una gama de frecuencias.

Visto desde un punto de vista generalizado, se puede considerar al sistema FH como un sistema de modulación por desplazamiento de frecuencia (DMF) en el cual se utiliza un gran número de frecuencias, seleccionadas por código, para transmitir la información dentro de un ancho de banda estrecha.

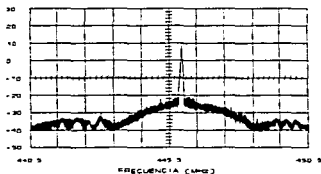


FIGURA II.11 Espectro de una señal modulada con la técnica Salto de Frecuencia (F.H.).

1) Δf donde, nuevamente, "n" es el número de estados usados en el registro de corrimiento para generar el código de salto de frecuencia y " Δf " es la separación de frecuencia entre las frecuencias discretas, la cual por lo menos debería de ser tan amplia como el ancho de banda de la información " B_m ". Como en la técnica de secuencia directa, un parámetro significativo (en lo que respecta a la interferencia dispersa uniformemente a través de la banda de R.F.) es la ganancia de proceso, la cual para un sistema F.H. es:

$$G_p = \frac{B}{\Delta f} - 2^{-1}, \text{ número de canales usados.}$$

ecuación II.5

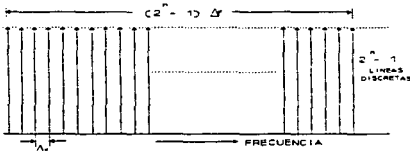


FIGURA II.12 Espectro Disperso Ideal de la técnica Salto de Frecuencia.

saltos de frecuencia puede estar compuesta de bandas laterales y frecuencias no esenciales creadas por un transmisor no ideal. En lo que respecta a la densidad de potencia del espectro medio a largo plazo, está ampliada y es aproximadamente igual a la densidad de potencia en la anchura de banda del sistema de Secuencia Directa.

En el receptor FH (Ver figura II.13) se mezcla la señal de entrada con una señal del oscilador local controlado por un generador de funcionamiento síncrono. Esto produce una señal deseada de salida constante en la banda de paso FI. La interferencia, cuya banda es estrecha con relación a la anchura de banda FH, y que no está sincronizada con el oscilador local de salto de frecuencia, sólo aparece ocasionalmente en la banda de paso de FI. Por lo tanto, la banda de paso de FI, rechaza la potencia de señales no deseadas de la misma forma que en el sistema DS. En el caso de las señales interferentes no deseadas de banda ancha, la banda de paso de FI, que efectivamente se desplaza por saltos, sólo intercepta una cantidad de interferencia proporcional a la anchura de banda de FH, la cual es la misma para el sistema DS.

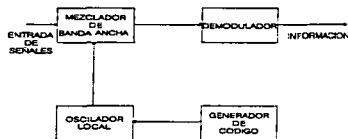


FIGURA II.13 Diagrama a bloques de un receptor F.H.

II.2.3.- MODULACION POR IMPULSOS DE FRECUENCIAS

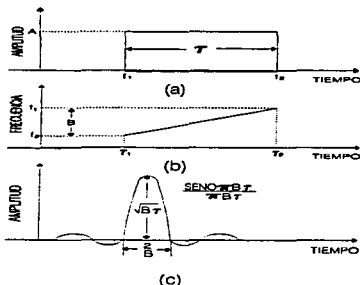


FIGURA II.14 Espectro Disperso Lineal Comprimido de Pulso.
(a) Pulso transmitido. (b) Variación lineal de la frecuencia.
(c) Salida del filtro del receptor.

borde de salida del pulso con relación es que la energía contenida en el pulso corto de aproximadamente:

La Modulación por Impulsos de Frecuencias básicamente es una técnica lineal de modulación de frecuencia, en donde una portadora barre toda una gama de frecuencias. Esta técnica fue desarrollada hace algunos años para mejorar la operación de los sistemas radares y radiodeterminación por medio de la resolución de un pulso corto pero con la capacidad de detección de un pulso largo. De hecho, el inicio del proceso de esta técnica se moduló un pulso largo el cual es transmitido y el receptor que está diseñado para accionar en la modulación, comprime el pulso en un ancho más corto. La forma de onda transmitida consiste de un pulso rectangular de amplitud constante "A" y duración "T" como se muestra en la figura II.14.

La frecuencia del pulso transmitido es linealmente incrementada de una frecuencia f_1 a otra frecuencia f_2 durante el pulso. La frecuencia de señal modulada pasa a través de un filtro en el receptor a una velocidad de propagación proporcional a la frecuencia, para este caso, el filtro apresura las frecuencias altas en el a las del borde anterior. El resultado largo original es comprimida en un pulso

donde $\omega = \omega_2 - \omega_1$.

El pulso resultante tiene una forma proporcional a:

$$\text{seno } \pi Bt / \pi Bt.$$

y la potencia instantánea pico del pulso comprimido es aumentado por el factor "B" veces sobre el del pulso largo transmitido. Para este método de frecuencia modulada de Spread Spectrum la ganancia de proceso se obtiene:

$$G_p = B \dots \text{(II.6)}$$

Este tipo de sistema descrito generalmente no ha sido usado en la operación de sistemas de comunicación, pero podría ser usado para tales propósitos, en una forma híbrida. Debido a que los sistemas chirp son usados en sistemas radares, no emplean un código secuencial para controlar su salida del espectro, como lo es, con las técnicas anteriormente descritas. Sin embargo, podría ser posible hacerlo, por ejemplo, usando un pulso alto para representar un estado de un código binario, y un pulso bajo para representar el otro estado en los sistemas de comunicación. Posiblemente en un futuro ocurra el desarrollo de la técnica de espectro disperso chirp híbrida, la cual sea aplicable en la operación de los sistemas de comunicación.

II.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA RELACION SEÑAL/RUIDO EN LOS SISTEMAS DS Y FH.

Es importante describir el comportamiento en cuanto a la relación señal/ruido del sistema lineal DS de espectro disperso en presencia de ruido gaussiano, lo que se aplica al ruido del sistema receptor y al ruido externo con características gaussianas. Para esta condición la característica DS viene dada por:

$$G_p = \frac{(S/N)_{\text{salida}}}{(S/N)_{\text{entrada}}} = 2B_{\text{señal entrada}} T_{\text{señal}} \dots \text{(II.7)}$$

donde:

G_p : ganancia de proceso del sistema,
 $(S/N)_{\text{salida}}$: relación señal/ruido, a la salida,
 $(S/N)_{\text{entrada}}$: relación señal/ruido, a la entrada,
 $2B_{\text{señal entrada}}$: anchura de banda de la densidad espectral de potencia de la señal de entrada de radiofrecuencia entre los primeros nulcs,
 $T_{\text{señal}}$: tiempo de duración de la información de la señal de entrada.

La ganancia del proceso (G_p) que se da en la ecuación II.7 se considera el parámetro más importante de un sistema E.D..

Es también razonable suponer que la cresta de la función de autocorrelación de la señal a la velocidad de código para $u = 0$ tendrá una duración del orden de $1/B_{\text{total de banda}}$ (que es aproximadamente igual a la recíproca de la velocidad de código). La relación entre la duración de la información de la señal ($T_{\text{total de banda}}$) y la cresta principal de la respuesta es entonces $T_{\text{total de banda}}/B_{\text{total de banda}}$. Así, si el $B_{\text{total de banda}}$ sea grande, permite obtener un efecto de « compresión de impulso » en virtud del cual la energía de la señal contenida en un impulso relativamente largo se « comprime » en un impulso corto de nivel elevado. El resultado es una elevada probabilidad de detección en el receptor a que está destinada la transmisión, sin pérdida de resolución en el tiempo.

Pueden obtenerse los mismos resultados en el dominio del tiempo tomando la transformada inversa de Fourier de las funciones respectivas y utilizando operaciones en el tiempo equivalentes.

El sistema FH consta esencialmente de un filtro de banda estrecha adaptado a la anchura de banda de la información que se desplaza de manera pseudoaleatoria en frecuencia dentro de la anchura de banda E.D.. El ruido externo al sistema, por tanto, es gobernado por la anchura de banda del filtro de banda estrecha. Al efectuar un análisis del ruido o de una señal interferente no deseada que ocupe la anchura de banda total de los saltos de frecuencia se obtiene una disminución de la potencia de la señal no deseada de salida que es igual a la relación entre las anchuras de banda. La G_p es pues, en este caso:

$$G_p = \frac{B_{FH}}{B_p} \dots (II.8)$$

donde:

B_{FH} : anchura de banda FH.

B_p : anchura de banda de la información deseada.

Si el sistema FH utiliza la misma anchura de banda de radiofrecuencia que el sistema E.D. entre los primeros saltos y transmite a la misma velocidad de información, B_{FH} y B_p en la ecuación (II.8) son respectivamente iguales a $2B_{\text{total de banda}}$ y $1/T_{\text{total de banda}}$ en la ecuación (II.7), de manera que la ganancia de proceso de ambos es la misma, despreciando los efectos de segundo orden. Debe señalarse que esto sólo es cierto en el caso de un ruido o de una señal no deseada extendida dentro de una gran anchura de banda, y no para una señal de banda estrecha. La sensibilidad de un sistema FH no incluye la mejora de G_p de un sistema de secuencia directa y es simplemente proporcional a la temperatura de ruido del sistema y a la anchura de banda de información.

II.3.1.- RELACION SEÑAL/INTERFERENCIA.

Este análisis corresponde a la relación S/I de los sistemas DS y FH.

Cuando la anchura de banda de la señal interferente de entrada ($B_{interferente}$) es inferior o igual a la anchura de banda de la señal de entrada deseada ($B_{señal\ deseada}$), se ha obtenido G, en función de la desintonía ($\Delta\omega$), como sigue:

$$\frac{(S/I)_{salida}}{(S/I)_{entrada}} = 2B_{señal\ deseada} T_{señal} \frac{\text{seno}(\Delta\omega/2B_{señal})^2}{\Delta\omega/2B_{señal}} ; B_{inter} \leq B_{señal} \dots (II.9)$$

donde:

$\Delta\omega$: es la diferencia de frecuencias en radianes entre la portadora de las señales deseadas e interferentes;

$B_{interferente}$: es la anchura de banda de entrada de la señal interferente de radiofrecuencia.

y todos los otros términos son los que se definen en la ecuación (II.7).

Cuando la anchura de banda de la interferencia es superior a la de la señal deseada, se ha obtenido la G, como sigue:

$$\frac{(S/I)_{salida}}{(S/I)_{entrada}} = \frac{2 \frac{B_{inter}}{B_{señal}} (T_{señal})}{\frac{\text{seno}(\Delta\omega/2B_{inter})^2}{\Delta\omega/2B_{inter}}} \dots (II.10)$$

Como cabía esperar, de la ecuación II.10 se deduce claramente que la ganancia es proporcional a la relación entre las anchuras de banda de filtrado y al producto tiempo por anchura de banda.

Desde el punto de vista de las relaciones de potencia a la salida, el sistema E.D. de banda ancha supera la interferencia en el mismo grado en que supera el ruido.

En el sistema de espectro disperso FH, al generador de saltos de frecuencia reinserta la frecuencia portadora correcta para la señal deseada y la mezcla con la frecuencia intermedia central. Cualquier señal interferente que llegue con una frecuencia fija en relación con la frecuencia central del sistema FH se convierte, tras el paso por el dispositivo generador de saltos de frecuencia, en una señal de amplitud reducida y frecuencia desintonizada aleatoria debido a la acción del mezclador FH y del filtro de frecuencia intermedia.

La señal interferente se filtra luego de manera que sólo se transmitan efectivamente como interferencia a través del sistema aquellas señales que caen dentro del mismo canal de frecuencia que la señal deseada. Dado que existen "n" canales de frecuencia posibles, esto ocurre por término medio sólo durante 1 enésima parte del tiempo.

La interferencia a la entrada del detector es, por tanto, similar a un proceso de Poisson. La degradación a la entrada del receptor depende de la estructura del proceso de la señal. Dado que esta estructura influye mucho en el análisis de la degradación, no es posible indicar una fórmula general sencilla para las relaciones de entrada S/I necesarias. Sin embargo, la determinación de la degradación resultante depende de la estructura del receptor y de la relación S/I de entrada.

II.4.- MEDICION DE PARAMETROS DEL SISTEMA

II.4.1.- DEFINICIONES TEORICAS

Por la naturaleza de las técnicas, en la homologación de los equipos y/o sistemas de espectro disperso, los parámetros que se evalúan por que están relacionados con la transmisión y la recepción de una señal son: la frecuencia de operación, la potencia, el ancho de banda, la sensibilidad y la tasa de bits erróneos, entre otros.

II.4.2.- FRECUENCIA DE OPERACION

De igual manera como ha sucedido con otros sistemas de radiocomunicación, que hacen uso de las frecuencias radioeléctricas, para la explotación de éste sistema se requiere de una banda de frecuencias asignada, es decir, se requiere hacer uso de una parte del espectro radioeléctrico, el cual debe estar definido por dos límites específicos para poder realizar una emisión previamente autorizada. Este segmento de ancho de banda de operación está a su vez subdividido en canales o bandas de frecuencias, que para el caso del espectro disperso son bandas amplias y que prácticamente caracterizan y dan nombre al sistema.

Cabe recordar que una frecuencia radioeléctrica es cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética es útil para las telecomunicaciones, y considerando que una banda de frecuencias asignadas se define como un rango de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada podemos decir que todo equipo que está diseñado para operar dentro del ancho de banda de frecuencias asignadas con la tecnología E.D. tiene una o varias frecuencias de operación, estas frecuencias de operación prácticamente se les identifica como frecuencias de trabajo en las cuales se realiza la emisión o recepción de una señal.

II.4.3.- POTENCIA

La potencia, para las distintas clases de emisión, en condiciones normales de funcionamiento, se puede definir como la suma total de las relaciones entre la potencia en la cresta de la envolvente, la potencia media y la potencia de la portadora.

La potencia media se define como el promedio de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena o a una carga ficticia por un emisor en funcionamiento normal evaluado durante un tiempo relativamente largo respecto al periodo de la componente de más baja frecuencia de la modulación.

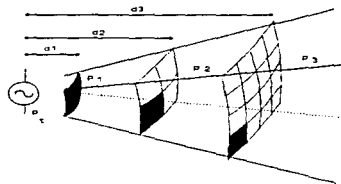


FIGURA II.15 Dispersión de energía radiada.

planos. De acuerdo a esto, hay una disminución en la cantidad total de potencia en cada unidad de área (densidad de potencia) en el frente de onda:

$$P_s = P_t / 4\pi d^2 \dots \text{(ecuación II.11)}$$

Donde: P_s -Densidad de potencia
 P_t -Potencia de transmisión

por lo tanto (Ver figura II.15):

$$P_t / 4\pi d_1^2 > P_t / 4\pi d_2^2 > P_t / 4\pi d_3^2 > \dots \text{ ya que } d_1 < d_2 < d_3 \dots$$

Por lo tanto, la densidad de potencia decrece con el inverso del cuadrado de la distancia.

Si se colocan dos antenas de iguales características en los puntos transmisor y receptor, se notará una pérdida de energía en la trayectoria de propagación, llamada pérdida de propagación o atenuación por dispersión.

II.4.4.- ANCHO DE BANDA

El ancho de banda se determina por un solo valor y es independiente de la posición de la banda en el espectro de frecuencias. Prácticamente es un rango de frecuencias que ocupa una señal y que transporta información que difiere de su valor máximo más allá de lo especificado.

Para hacer uso eficaz del espectro radioeléctrico se establecen para cada clase de emisión, las normas que controlan el espectro emitido por una estación transmisora, así como los métodos de medición necesarios para comprobar las características espectrales de la emisión.

Para determinar un espectro emitido, la anchura óptima debe tenerse en cuenta el conjunto del canal de transmisión así como todas sus condiciones técnicas de funcionamiento, incluidos los demás canales y servicios de radiocomunicación que comparten la banda, y en especial, los fenómenos de propagación.

Las propiedades espectrales de una determinada emisión, o clase de emisión, se especifican con los conceptos que a continuación se citan:

Anchura de banda necesaria. - Para una clase de emisión dada, es aquella con frecuencias estrictamente suficientes para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

Anchura de banda ocupada. - Es aquella en la que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emiten potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado, $b/2$, de la potencia media total de una emisión dada.

Sin embargo, la anchura de banda necesaria debe fijarse en el valor mínimo posible, en función de la técnica de modulación, siempre que se incluya las componentes del espectro necesarias para que el receptor asegure la recepción, con la calidad exigida en determinadas condiciones técnicas, (las fórmulas que pueden usarse para determinar la anchura de banda figuran en el apéndice 6 del Reglamento de Comunicaciones)

La anchura de banda ocupada a x dB son susceptibles de mediciones de la anchura de banda realmente ocupada por una determinada emisión con el fin de asegurarse, de que dicha emisión no ocupa una anchura de banda excesiva para el servicio que ha de proporcionar y, por consiguiente garantizar que no creará interferencia más allá de los límites estipulados para esta clase de emisión.

Por último conviene considerar que, en varios casos, la utilización de sistemas con anchuras de banda necesarias muy superiores a la anchura de banda base, aumenta potencialmente el número de usuarios simultáneos que pueden compartir una banda del espectro (por ejemplo, los sistemas FM que emplean un elevado índice de modulación y las técnicas de expansión de la anchura de banda), ya que puede reducirse suficientemente la susceptibilidad de los receptores a la interferencia para compensar con creces la reducción del número de canales disponibles, incrementándose así la eficacia de la utilización del espectro radioeléctrico.

II.4.5.- SENSIBILIDAD

En breves palabras podemos definir la sensibilidad como un término que se emplea para indicar la señal mínima de entrada a la que responderá un sistema electrónico, por ende, podemos afirmar que es la actitud de un receptor para recibir señales débiles y para reproducirlas con una intensidad utilizable y una calidad aceptable, pero que para valorar la calidad de las señales de salida puede ser necesario, en muchos casos, considerar el equipo receptor en su conjunto.

De esto último se desprende la relación íntima que guarda la sensibilidad con los siguientes parámetros.

- Nivel de salida necesario
- Anchura de banda global necesaria para la señal
- Relación señal/ruido necesaria a la salida
- Nivel de ruido interno (intrínseco al receptor)
- Anchura de banda efectiva global de ruido.

El contar con una sensibilidad aceptable, permite economizar la potencia radiada, por esta razón en la medida que lo permitan las consideraciones de carácter económico y técnico se debe aumentar la sensibilidad de cualquier equipo, sobre todo si consideramos también que permite asegurar una buena protección contra las señales interferentes.

Como las características medidas varían notablemente de uno a otro receptor, es necesario que se efectúen mediciones (en la medida de lo posible), en varios receptores del mismo tipo y se indiquen valores estadísticos (valor medio, desviación típica, etc.).

II.4.6.- TAZA DE BITS ERRONEOS B.E.R. (BIT ERROR RATE)

Por definición se señala a la tasa de bits errados como la fracción de una secuencia de bits de mensajes que se reciben con error en promedio por cada millón de bits transmitidos, prácticamente se le conoce como un porcentaje de datos transmitidos incorrectamente sobre el total de datos, expresados como una fracción del número total de bits transmitidos. sus siglas en inglés son BER.

Tanto la sensibilidad como la tasa de bits errados están relacionados por razones que ya se explicaron en la definición anterior y, de estas razones se desprende la medición conocida como "medición de la sensibilidad en función del BER"; que para este caso se obtiene un valor de sensibilidad, el cual aún cuando ya está establecido, este pueda variar de acuerdo al número de bits erróneos que se produzcan en un enlace.

II.4.7.- GANANCIA

La ganancia de cualquier antena, es la habilidad de poder concentrar la potencia radiada en una dirección y se define como la relación de la potencia radiada por una antena de referencia a la potencia radiada por la antena en consideración cuando ambas antenas producen la misma intensidad de campo en la dirección en la que se desea especificar la ganancia.

De la última parte de esta definición, se desprende la expresión de la ganancia en función de los campos de radiación.

$$G = E^2/E_r^2 \dots (II.12)$$

Donde: G - Ganancia
 E - Campo de radiación de la antena a medirse
 E_r - Campo de radiación de la antena de referencia

Sin embargo, la expresión más comúnmente empleada es aquella que emplea la relación de las potencias de las antenas debido a que es lo que más comúnmente se mide.

$$G = P/Pr \dots (II.13)$$

Donde: G - Ganancia
P - Potencia de la antena a medirse
Pr - Potencia de la antena de referencia (isotrópica)

Generalmente la ganancia de la antena se expresa en dB, por lo que:

$$G_{dB} = 10 \log P/Pr = 20 \log E/Er \text{ dB} \dots (II.14)$$

La antena de referencia puede ser cualquiera, sin embargo, es necesario especificar el tipo de antena que se trate. Cuando la antena que se emplea es isotrópica la relación entre las densidades de potencia se llama ganancia directiva.

Una antena isotrópica, también conocido como radiador isotrópico, es una antena hipotética que tiene la facultad de radiar igualmente en todas direcciones, esta facultad implica que la potencia total radiada se distribuye uniformemente en el espacio y por lo tanto, el patrón de radiación es del tipo omnidireccional (la transmisión tiende a ser circular, desde cualquier ángulo que se vea, horizontal o vertical); bajo estas condiciones la potencia radiada está distribuida uniformemente en el área de una esfera, es decir:

$$Pr = Wt/4\pi r^2 \dots (II.15)$$

Donde: Pr - Potencia radiada
Wt - Potencia transmitida

Por lo tanto la ganancia directiva es:

$$G_D = P/Wt/4\pi r^2 \dots (II.16)$$

es decir:

$$G_D = (P/Wt) \cdot (4\pi r^2) \dots (II.17)$$

II.4.8.- PATRON DE RADIACION

El patrón de radiación es un término que generalmente se emplea para describir la forma geométrica con la que una antena irradia o recibe las señales electromagnéticas; es decir, en cuales direcciones lo hace con mayor o menor efectividad. Dado que el término se emplea para describir una forma geométrica, prácticamente es una gráfica (usualmente en forma polar, aunque también puede ser de forma rectangular), que muestra la forma en que el campo eléctrico varía con un ángulo θ o con un ángulo ϕ de las coordenadas esféricas. Físicamente representa la distribución de la energía del campo electromagnético en el espacio.

En el campo lejano de una antena los vectores del campo son transversales a la dirección de propagación, y sus amplitudes varían inversamente con la distancia.

La medición de la magnitud de la intensidad de campo eléctrico $E(\theta, \phi)$ de un campo electromagnético en el espacio libre es equivalente a medir la intensidad de campo magnético y viceversa ya que las dos cantidades están relacionadas directamente por la expresión:

$$E = (120\pi)H \dots (II.18)$$

Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad de campo en unidades eléctricas tal como volt/metro, se denomina patrón absoluto. Un patrón absoluto en términos de contornos de intensidad de campo constante, trazada sobre un mapa geográfico, es una representación muy útil para una estación de radiodifusión dado que define la región geográfica dentro de la cual se dispone de diferentes niveles de señal para los radioescuchas.

Sin embargo, los patrones de las antenas se trazan en términos relativos, es decir, la intensidad de campo se representa en términos de su relación a algún valor de referencia, que por lo general es el valor del haz o de la máxima intensidad de campo.

El patrón de radiación normalizado es función de dos variables; el ángulo " θ " y el " ϕ ", los cuales caracterizan la distribución angular del campo producido en el campo lejano; alrededor de la antena.

Para realizar mediciones exactas del patrón de radiación se deben de tomar en cuenta diferentes factores tales como el tamaño físico y eléctrico de la antena, el ancho de banda y las condiciones ambientales. Las condiciones ambientales más comunes son la de espacio libre, en el cual se simulan condiciones de (Far-Field) para operar con una onda plana.

Generalizando para cualquier antena, la intensidad de campo eléctrico se puede expresar por:

$$E = K F(\theta, \phi) \dots (II.19)$$

Donde $F(\theta, \phi)$ es una función que pueda tabularse para " θ " o para " ϕ ". Que como ya se mencionó en teoría de antenas se conoce a $F(\theta, \phi)$ como la amplitud normalizada del patrón direccional de la antena que se define como la relación de la magnitud de la intensidad de campo en la zona de radiación, en una dirección determinada, a la magnitud de la intensidad del campo en la zona de radiación y en la dirección de máxima radiación.

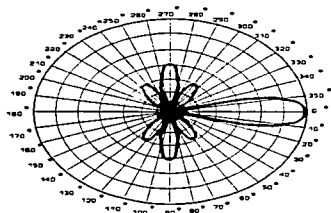


FIGURA 11.16 Patrón de radiación normalizado en forma polar.

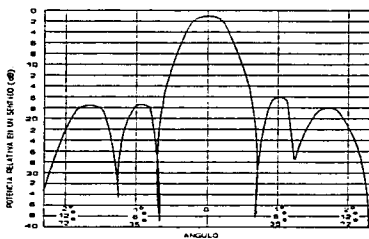


FIGURA 11.17 Patrón de radiación en forma cartesiana.

II.4.9.- RELACION DE TENSION DE ONDAS ESTACIONARIAS <V.S.W.R.>

El fenómeno de reflexión se presenta siempre que una onda incide en una frontera que separa dos medios, por lo cual en una línea de transmisión que está terminada en una impedancia de carga distinta a la impedancia característica las funciones de tensión e intensidad de cualquier punto distante a la carga se consideran compuestas de dos ondas que se propagan en sentidos opuestos.

Siendo la onda incidente o progresiva la que se propaga a la carga y onda reflejada o regresiva la que se propaga al generador. La reflexión puede ser total, parcial y nula.

Siempre que exista reflexión total o parcial, habrá ondas incidentes simultáneamente reflejadas que dan origen a las llamadas "ondas estacionarias".

En la figura II.18 se ilustran las configuraciones de la onda incidente, la onda reflejada y la onda resultante de la suma de aquellas, para diferentes tiempos. Las ondas incidente y reflejada son ondas viajeras, por lo que un punto "Pi" que se encuentre en la onda incidente se desplaza hacia la derecha conforme transcurre el tiempo y un punto que se encuentre en la onda reflejada "Pr" se desplaza hacia la izquierda. Sin embargo, un punto "Pe" que se encuentre sobre la onda formada por la superposición de la incidente y de la reflejada, no se desplaza, sino que permanece fijo en el espacio.

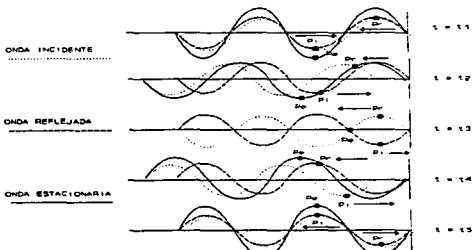


FIGURA II.18 Configuraciones de las ondas incidentes, reflejada y estacionaria.

De esta manera, las ondas incidente y reflejada al superponerse, dan origen a una onda que permanece fija en el espacio, mientras que su amplitud varía con el tiempo, una onda con tales características es conocida como onda estacionaria.

Por otra parte, la tensión y la corriente no son constantes a lo largo de la línea de transmisión en condiciones generales de trabajo.

A la relación de la tensión máxima entre la tensión mínima se le conoce como relación de onda estacionaria (ROE) que se representa por la letra S; y es una cantidad escalar.

$$S = V_{max}/V_{min} = I_{max}/I_{min} \dots (II.20)$$

relacionando las siguientes igualdades:

$$|V_{max}| = |V'| + |V''| \dots (II.21)$$

$$|V_{min}| = |V'| - |V''| \dots (II.22)$$

obtenemos:

$$S = 1 + |r| / 1 - |r| \dots (II.23)$$

Esta característica de las antenas está íntimamente estrechamente relacionada con la impedancia de entrada de la antena; la norma oficial mexicana (NOM-1-39) la define de la siguiente manera:

En una antena conectada a una línea de transmisión sin pérdidas y que posea un coeficiente de reflexión de "r" conocido, la relación de tensión de la onda estacionaria está representada por la ecuación II.20.

Donde el coeficiente de reflexión es un número que en proporción directa indica la cantidad de energía que se pierde debida al desacoplamiento de impedancias entre la antena y el o los conductores de recepción o transmisión.

**PROCEDIMIENTOS
DE
MEDICION**

CAPITULO

II

- II.0 MEDICIONES PRACTICAS REALIZADAS A DOS RADIODIRECCIONALES.**
- II.1 MEDICIONES EN EL MODO DE TRANSMISION.**
- II.2 MEDICIONES EN EL MODO DE RECEPCION.**
- II.3 MEDICIONES DE LOS PARAMETROS EN LAS ANTENAS.**
- II.4 PROCEDIMIENTOS DE MEDICION.**
- II.5 MEDICION DE LA FRECUENCIA DE OPERACION.**
- II.6 MEDICION DE LA POTENCIA DE SALIDA.**
- II.7 MEDICION DEL ANCHO DE BANDA.**
- II.8 MEDICION DE LA SENSIBILIDAD EN FUNCION DEL S.E.R.**
- II.9 MEDICION DEL PROMEDIO DE ERROR (M.E.R.).**
- II.10 MEDICION DEL PATRON DE RADIAACION.**
- II.11 MEDICION DE LA GANANCIA.**
- II.12 MEDICION DEL S.V.R.**

En la necesidad de homologar los equipos o sistemas S.S. toma importancia el hecho de contar con los procedimientos de medición apropiados que permitan verificar las características de tales equipos o sistemas de radiocomunicación con respecto a una norma nacional o internacional. Las mediciones, como se especifica en el capítulo V en el anteproyecto de norma, deberán ser efectuadas (en el mejor de los casos) por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado por la SCT.

III.0.- MEDICIONES PRACTICAS REALIZADAS A DOS RADIOMODEMS

Antes de la elaboración de los procedimientos de medición es conveniente analizar la mediciones eléctricas efectuadas a dos equipos, en el laboratorio de Radiación y Propagación del Instituto Mexicano de Comunicaciones. Las mediciones que se presentan pertenecen a un par de Radiomodems cuyas especificaciones de operación son las siguientes:

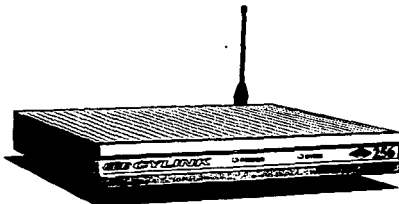


FIGURA III.1 Radio-Modem Airlink 64.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE RADIOFRECUENCIA

Parámetro	Especificación
Intervalo de Frecuencias	902 - 928 MHz
Tecnología	Spread Spectrum (FN=32 bit)
Tipo de Código de Expansión	Secuencia Directa
Técnica de Modulación	Bi-Phase Shift Keying (BPSK)
Ancho de Banda de Canal	5.2 MHz (AirLink 64)
Ganancia de Proceso	12 dB
Ganancia del Sistema (sin contar la ganancia de la antena)	125 dB
Tasa de datos	64 Kb/s
Antena	6" Omni-direccional, 15.24 cm
Protocolo	División Temporizada Duplex (TDD) con tasas de 160 kbps

ESPECIFICACIONES DEL TRANSMISOR

Parámetro	Especificación
Número de portadoras (Switch selector)	9
Ancho de banda	5.2 MHz
Estabilidad de Frecuencia Portadora	10 ppm
Potencia de Salida (Switch selector)	800 mw (29 dBm) máximo

ESPECIFICACIONES DEL RECEPTOR

Parámetro	Especificación
Figura de Ruido	5 dB máximo
Sensibilidad del Receptor (BER 1.10 ⁻⁴)	-97 dB
Nivel de Saturación	>-10 dBm

Las mediciones que se efectuaron fueron las siguientes:

MEDICIONES EN EL MODO DE TRANSMISIÓN

- MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACION
- MEDICIÓN DE LA POTENCIA DE SALIDA
- MEDICIÓN DEL ANCHO DE BANDA

MEDICIONES EN EL MODO DE RECEPCIÓN

- MEDICIÓN DE LA SENSIBILIDAD EN FUNCIÓN DEL S.E.R.
- MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ERROR-BIT (P.E.R.)
- MEDICIÓN DEL NIVEL DE SATURACIÓN EN LA RECEPCIÓN

MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS DE LAS ANTENAS

- MEDICIÓN DEL PATRÓN DE RADIACIÓN
- MEDICIÓN DEL S.W.R.
- MEDICIÓN DE LA GANANCIA

III.1.- MEDICIONES EN EL MODO DE TRANSMISIÓN

III.1.1.- MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN

En la preparación de la medición se activó el analizador de espectros por un espacio de 30 minutos, antes de iniciar, posteriormente se realizó el arreglo instrumental que se muestra en la figura III.2, poniendo en operación el Dispositivo Bajo Prueba «DBP» de acuerdo a las instrucciones del manual de operación respectivo.

Durante la medición se mantuvo constante la potencia de salida del DSP al cual, como se observa en la figura III.2, se conectó directamente al analizador de espectros; posteriormente se procedió a medir la frecuencia de operación de cada canal, previo acondicionamiento del analizador de espectros, respecto a la FRECUENCIA, NIVEL y SPAN, requeridos.

Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas III.3 y III.4, en ellas se debe hacer notar lo siguiente:

- El SPAN requerido para poder observar el espectro completo de la señal en la graticula del analizador.
- La frecuencia y el nivel de la señal medidos.

Bajo estas observaciones que se sugieren, se pueden apreciar de manera práctica las características que se mencionaron de la tecnología de Espectro Disperso en el capítulo I.

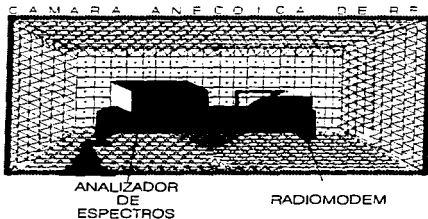
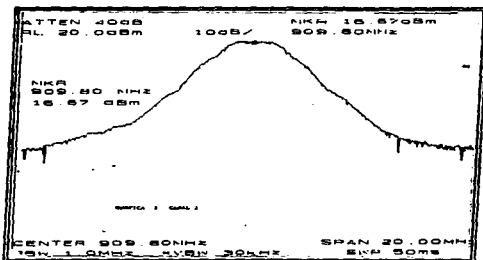
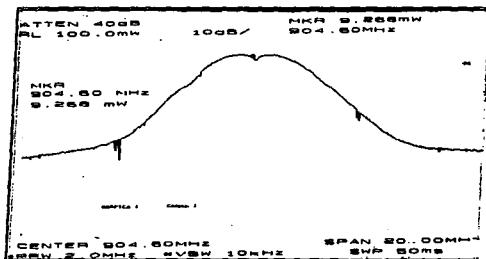
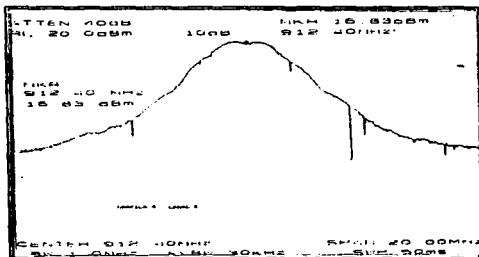


FIGURA III.2 Arreglo empleado para la medición de la frecuencia de operación.





III.1.2.- MEDICION DE LA POTENCIA DE SALIDA



FIGURA III.6 Medidor de Potencia

En la realización de esta medición se procedió a medir la potencia de salida a tres frecuencias diferentes, 904.6 MHz., 915 MHz. y 925.4 MHz., en cada radiomodem.

De igual manera como se procedió con el analizador de espectros, en la medición anterior, se activó el medidor de potencia por un espacio de 30 minutos antes de iniciar, después se realizó el arreglo que se muestra en la figura III.7.

En esta ocasión, durante la medición se mantuvo constante la frecuencia de operación del canal al cual se deseaba medir la potencia, mientras tanto, el medidor de potencia, una vez programado efectuó la medición a diferentes potencias de un mismo canal. El mismo procedimiento se desarrolló para los diferentes canales susceptibles de medición, en cada radiomodem.

Los resultados de la medición para el radiomodem 1 se muestran en la tabla III.1 y para el radiomodem 2 en la tabla III.2.

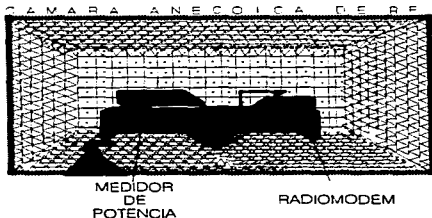


FIGURA III.7 Arreglo empleado para la medición de la potencia de salida

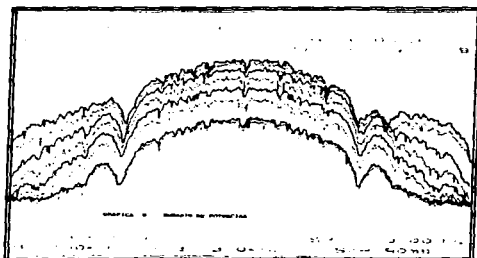
NOTA: CABE SEÑALAR QUE LOS RADIOMODEMS EVALUADOS CONTABAN CON UN SELECTOR DE POTENCIA, LO CUAL PERMITIÓ VARIAR LA MISMA, PARA ACONDICIONARLO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES PREVISTAS.

DATO FABRICANTE	FREC. = 904.6MHz VALOR MEDIDO mW	FREC. = 915MHz. VALOR MEDIDO mW	FREC. = 925MHz. VALOR MEDIDO mW
800	953	976	838
500	722	694	634
250	350	340	300
100	125	120	105.8
32	37.2	35.7	32
10	10.37	10.37	9.92
3	1.74	1.79	1.6
1	0.728	0.774	0.773

TABLA III.1 Resultados de la medición de la potencia en 3 diferentes canales, correspondientes al radiomodem 1.

DATO FABRICANTE mW	FREC. = 904.6MHz VALOR MEDIDO mW	FREC. = 915MHz. VALOR MEDIDO mW	FREC. = 925MHz. VALOR MEDIDO mW
880	933	810	749
500	743	693	636
250	340	322	293
100	130	120	109
32	43.2	40	36.4
10	14.4	13.5	12.5
3	4.33	4.38	4.35
1	1.21	1.1	1.024

TABLA III.2 Resultados de la medición de la potencia en 3 diferentes canales, correspondientes al radiomodo 2.



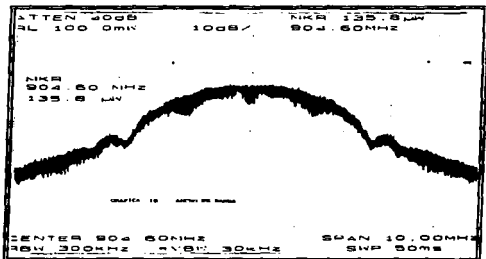
GRAFICA III.3 Resumen de potencias
 Frecuencia = 915 MHz.

III.1.3.- MEDICIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Se empleó el mismo arreglo de la medición de la frecuencia de operación (ver figura III.2) y de igual manera, durante la medición se mantuvo constante la potencia de salida del DBP; posteriormente se procedió a comprobar el ancho de banda, previo ajuste del analizador de espectros, respecto a la FRECUENCIA, NIVEL y SPAN requeridos.

La gráfica correspondiente a esta medición (figura III.9) muestra el ancho de banda empleado para un canal.

El ancho de banda medido fué 5.2 MHz., y el valor proporcionado por el fabricante fué 5.2 MHz.



GRAFICA III.9 Medición del ancho de banda del canal 1.
Frecuencia = 90.60 MHz.



FIGURA III.10 Analizador de Espectros.

III.2.2.- MEDICIONES DEL PROMEDIO DE ERROS-BIT (B.E.R.)

El mismo arreglo se empleó nuevamente (figura III.11), pero en esta ocasión, el enlace que se estableció fué por un período largo de tiempo (aproximadamente 50 hrs.).

El B.E.R. proporcionado por el fabricante fué de 1^{-9} , en la medición se obtuvo 1.81^{-9} .

III.2.3.- MEDICION DEL NIVEL DE SATURACION EN LA RECEPCION

Esta medición se efectuó programando la máxima potencia en cada radiomodem, estableciendo un enlace similar al presentado en la figura III.11, la alta potencia provocó pérdidas de sincronía durante la transmisión. Posteriormente se disminuyó gradualmente el nivel de potencia hasta lograr una operación normal en la transmisión de datos.

El fabricante proporcionó un nivel de saturación > -10 dBm, el valor medido fué de -11 dBm.

III.3.- MEDICIONES DE LOS PARAMETROS DE LAS ANTENAS.

III.3.1.- MEDICION DEL PATRON DE RADIACION

El arreglo se muestra en la figura III.12. Se colocó una antena transmisora en un extremo de la cámara anecoica, y en el lado opuesto se colocó la antena bajo prueba, esta última se posicionó sobre una tornamesa, la cual se hizo girar en intervalos de 5° mientras que un analizador de espectros tomó la lectura de manera automatizada.

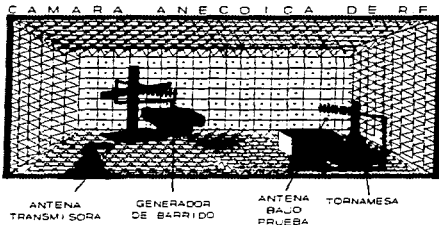
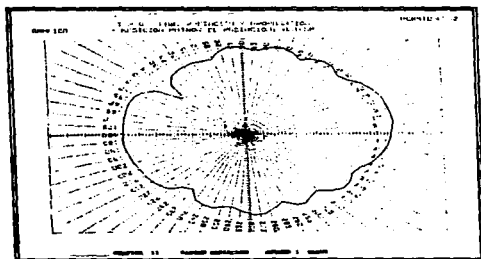


FIGURA III.12 Arreglo instrumental para la medición del patrón de radiación

Los patrones de radiación obtenidos se muestran en las figuras III.13 y III.14. El arreglo se muestra en la figura III.12. Se colocó una antena transmisora en un extremo de la cámara anecoica, y en el lado opuesto se colocó la antena bajo prueba, esta última se posicionó sobre una tornamesa, la cual se hizo girar en intervalos de 5° mientras que un analizador de espectros tomó la lectura de manera automatizada.

Los patrones de radiación obtenidos se muestran en las figuras III.13 y III.14.



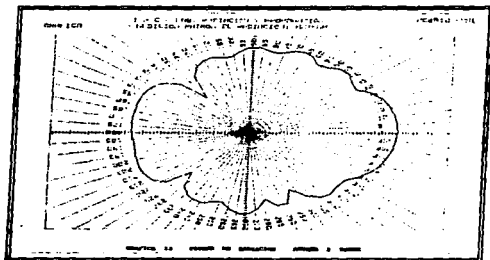


FIGURA III.14 Patrón de radiación Ant.2.

III.3.2.- MEDICION DEL S.W.R.

Un analizador de redes fué en este caso el equipo con cual se efectuaron las mediciones; el arreglo empleado se muestra en la figura III.15. Con un intervalo de frecuencias previamente seleccionado se procedió a medir el S.W.R. de las antenas.

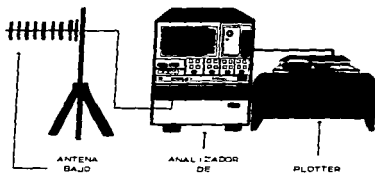


FIGURA III.15 Medición S.W.R.

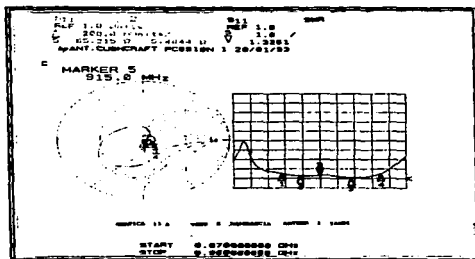


FIGURA III.16 "S.W.R." e "Z" Ant. Yagui 1.

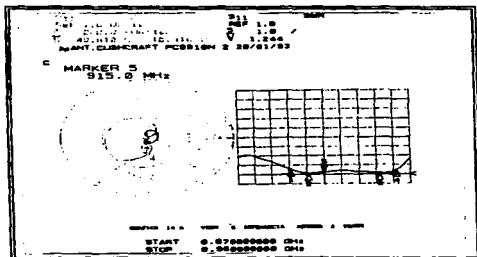


FIGURA III.17 "S.W.R." e "Z" Ant. Yagui 2.

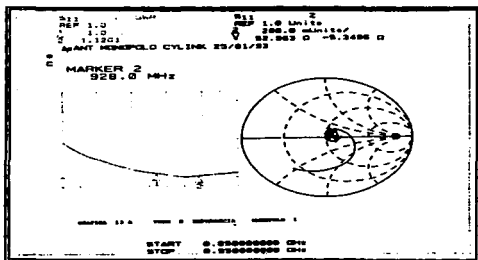


FIGURA 11.18 "S.W.R." e "Z" Antena Monopolo 1.

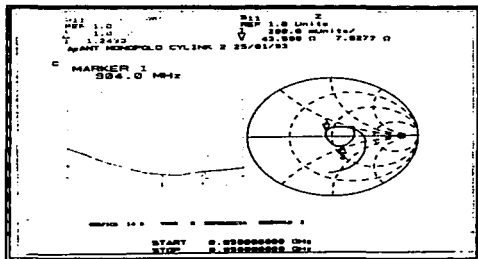


FIGURA 11.19 "S.W.R." e "Z" Antena Monopolo 2.

III.3.3.- MEDICION DE LA GANANCIA

El arreglo instrumental (similar al mostrado en la figura III.12), se realizó con una antena transmisora la cual se colocó en un extremo de la cámara anecoica con un generador de frecuencias. En el extremo opuesto se posicionó la antena bajo prueba operando como receptora y a la vez conectada al analizador de espectros. Una vez realizado esto, se tomó lectura del nivel recibido. Posteriormente se sustituyó la antena bajo prueba por una antena patrón cuyas características se tienen bien definidas. De la comparación realizada con la antena bajo prueba y la antena patrón se obtuvo el siguiente resultado:

	GANANCIA (dB)
VALOR PROPORCIONADO POR EL FABRICANTE	10
VALOR MEDIDO	12.65

Estos resultados pertenecen únicamente a la medición de la ganancia de las antenas Yagui.

III.4.- PROCEDIMIENTOS DE MEDICION

De los procedimientos de medición que se han descrito, se puede extraer una estructura base, que de manera generalizada puede emplearse para las evaluaciones técnicas de cualquier equipo construido con la tecnología en cuestión. De este modo se pretende cubrir otro de los objetivos del trabajo que consiste en proporcionar los métodos de medición apropiados para evaluar los parámetros eléctricos de emisión y propagación. Antes de iniciar con los procedimientos es conveniente complementar el escrito con el seguimiento del siguiente protocolo:

- CAMPO DE APLICACION
 - DOCUMENTOS A CONSULTARSE
 - CONDICIONES AMBIENTALES
 - EQUIPOS E INSTRUMENTALES
 - PROCEDIMIENTO
 - BIBLIOGRAFIA
-

III.4.1.- -CAMPO DE APLICACIONES:

Fabricantes, distribuidores y usuarios de cualquier tipo de dispositivo que opere con tecnología Espectro Disperso y metrología en radiocomunicaciones.

III.4.2.- -DOCUMENTOS A CONSULTARSE:

Recomendaciones e informes del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, actualmente UIT. Volumen I "Utilización del Espectro y Comprobación Técnica de las Emisiones 1991.

III.4.3.- -CONDICIONES AMBIENTALES:

Aún cuando la temperatura ambiental y la humedad relativa no son un factor fundamental en la medición de algún parámetro del DBP se recomienda una temperatura ambiental de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de variación y una humedad relativa arriba del 90% no condensada.

III.4.4.- -EQUIPOS E INSTRUMENTOS:

Para llevar a cabo las mediciones en un Laboratorio de Pruebas se requiere de los siguientes equipos e instrumentos.

NOTA: Como ya se mencionó con anterioridad, estos procedimientos de medición ya fueron aplicados en el Laboratorio de Radiación y Propagación del Instituto Mexicano de Comunicaciones por esta razón la lista del equipo que se menciona contiene la marca y el modelo del mismo. Sin embargo, conviene aclarar que no es estrictamente necesario realizar las pruebas con este equipo, siempre y cuando el equipo que se utilice, cumpla con las características necesarias para realizar las mediciones.

Por otra parte, dado que el laboratorio está acreditado ante la Dirección General de Normas «DGN», todos los equipos que así lo requieren, cumplen con un plan de calibración representativo.

EQUIPO	MARCA	MODELO
MEDIDOR DE POTENCIA	HEWLETT PACKARD	436A
SINTETIZADOR DE BARRIDO	HEWLETT PACKARD	8340A
ANALIZADOR DE ESPECTROS	HEWLETT PACKARD	8566B
CONTROLADOR HF-IB	HEWLETT PACKARD	8785A
DISCO DURO	HEWLETT PACKARD	9153C
PLOTTER	HEWLETT PACKARD	7475A
TRIPLE DE MADERA	ANRITSU	MB9A
ANALIZADOR DE REDES	HEWLETT PACKARD	8510C
ANALIZADOR DE COMUNICACIONES	ROHDE & SCHWARZ	CMTA
TORNAMESA HF-IB	EMCO	S/M
IMPRESORA THINK JET	HEWLETT PACKARD	8568B
CAMARA ANECOICA	ALL-SHIELD ENCLOSURES	
CABLES Y CONECTORES RESPECTIVOS (VARIOS)		

III.5.- MEDICION DE LA FRECUENCIA DE OPERACION

Objetivo: Confirmar la frecuencia de operación de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

-Analizador de espectros

Las características del equipo de medición son:

-Impedancia nominal de 50 ohms.

-El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir la frecuencia de operación del DBP.

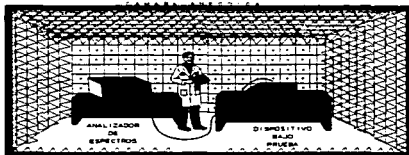
-Sensibilidad al menos de -90 dbm.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Se conecta en analizador al DSP a través de una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba (ver figura III.20)
- Se acondicionan el intervalo de frecuencias (SPAM) en la graticula del analizador.
- Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.
- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del DSP.
- Posteriormente se procede a medir la frecuencia de operación del canal.
- Una vez obtenida la frecuencia se realiza la gráfica en formato rectangular



ARREGLO EMPLEADO PARA LA MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN

FIGURA III.20

III.6.- MEDICIÓN DE LA POTENCIA DE SALIDA

Objetivo: Confirmar la potencia de salida mediante la aplicación del método de medición definido, las especificaciones requeridas para su operación.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

- Medidor de potencia.
- Sensor de potencia.

Las características del equipo de medición son:

- El intervalo de frecuencia del medidor de potencia debe ser lo suficientemente amplio, para cubrir la frecuencia de operación del DSP.
- La exactitud deberá ser de por lo menos $\pm 1.2\%$

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Se realiza la rutina cero al medidor de potencia, sin aplicar ningún nivel de R.F. (Se debe observar que la rutina de verificación se realice sin ningún error expresado en la pantalla del medidor).
- Se presiona la tecla **PRESET** para ajustar los parámetros en ambos canales, en valores predeterminados apropiados.
- Se conecta el sensor de potencia a través de una línea de transmisión a la entrada del canal A, a **Low Power** referencia.
- Se presiona zero y se espera aproximadamente 15 segundos en espera de la terminación de esta rutina.
- Posteriormente se realiza la rutina **CAL ADJ** introduciendo el **REF CAL FACTOR** del sensor de potencia.
- La rutina **CAL ADJ** se emplea para calibrar al medidor de potencia a cualquier sensor de potencia compatible a una referencia conocida.
- Se presiona **CAL FACTOR** y se introduce el factor de calibración de referencia con el teclado; si el **CAL FACTOR** es el mismo que el del paso anterior sólo se presiona **ENTER**.

La calibración debe realizarse cada vez que el medidor cambie de sensor o cuando la temperatura ambiental varíe más de 5° C.

-Al presionar la tecla CAL FACTOR es posible introducir el factor de calibración del sensor conectado al canal de entrada activo. El factor de calibración se introduce en cantidades de tanto por ciento.

-Conecte el sensor de potencia a la salida de R.F. del equipo bajo prueba, es importante verificar que el nivel de potencia proporcionado por el equipo bajo prueba no exceda los niveles máximos permitidos por el sensor y por el medidor de potencia.

-La lectura de la medición de potencia se obtiene a la salida directamente en Watts o dBm.

III.7.- MEDICION DEL ANCHO DE BANDA

Objetivo: Confirmar ancho de banda de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

-Analizador de espectros

Las características del equipo de medición son:

-Impedancia nominal de 50 ohms.

-El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir el ancho de banda de los canales del DBP.

-Relación señal a ruido 50 dB.

-Sensibilidad al menos de -90 dBm.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

-Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

-Se conecta en analizador al DBP a través de una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba (ver figura III.20)

-Se acondicionan el intervalo de frecuencias (SPAN) en la graticula del analizador.

-Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.

- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del DBP.
- Posteriormente se procede a medir la frecuencia de operación del canal.
- Una vez obtenida la frecuencia se realiza la gráfica en formato rectangular

III.8.- MEDICION DE LA SENSIBILIDAD EN FUNCION DEL B.E.R.

Objetivo: Confirmar la sensibilidad de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

- Analizador de comunicaciones de datos

Las características del equipo de medición son:

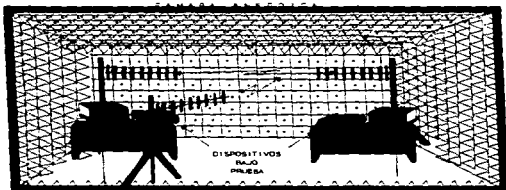
- Impedancia nominal de 50 ohms.
- El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir la sensibilidad del DBP.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
 - Se conecta el analizador de comunicaciones al DBP a través de una línea de transmisión y se selecciona una frecuencia.
 - Se realizan los pasos anteriores con otros equipos (DBP y Analizador de comunicaciones de datos) de las mismas características para realizar un enlace.
 - Durante la prueba se debe disminuir gradualmente la potencia de salida de ambos equipos de prueba.
 - Se debe tomar lectura cuando en el instante en el que suceda pérdida de datos y/o sincronía de los DBP's.
-



ARREGLO EMPLEADO PARA LA
MEDICIÓN DE LA SENSIBILIDAD EN
FUNCIÓN DEL B.E.R. MEDICIÓN DEL
PROMEDIO DE ERROR-BIT (B.E.R.)

ANALIZADOR DE COMUNICACIONES
DE
DATOS

FIGURA III.21

III.9.- MEDICIÓN DEL PROMEDIO DE ERROR-BIT (B.E.R.)

Objetivo: Confirmar la tasa de bits erróneos durante la transmisión por las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

- Analizador de comunicaciones de datos

Las características del equipo de medición son:

- Impedancia nominal de 50 ohms.

- El ancho de banda del analizador de comunicaciones de datos debe ser lo suficientemente amplio, para medir el B.E.R. del DBP.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Se conecta el analizador de comunicaciones de datos al DSP a través de una línea de transmisión y se selecciona una frecuencia.
- Se realizan los pasos anteriores con otros equipos (DBP y Analizador de comunicaciones de datos) de las mismas características para realizar un enlace mínimo durante 24 horas.
- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida de los DSP's.
- Posteriormente se procede a tomar lectura del resultado de la medición.

III.10.- MEDICION DEL PATRON DE RADIACION

Objetivo: Obtener la distribución de la energía del campo electromagnético en el intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

- Un transmisor
- Un receptor
- Un posicionador
- Antenas patrón

Las características del equipo de medición son:

Características del transmisor:

- Potencia de salida mínima de 0 dBm
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Estabilidad de 3 KHz/24 hrs. como máximo.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del receptor:

- Sensibilidad mínima de -90 dBm.
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Relación Señal a Ruido de 50 dB.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del posicionador:

- Posicionamiento en azimuth desde 0° hasta 360°.
- Posicionamiento en elevación desde 0° hasta 180°.

Características de las antenas patrón:

- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Ganancia calibrada.
- Frecuencia de operación conocida.
- LaRObal.30

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

- Se energizan los equipos transmisor y receptor por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Se conecta el transmisor a la antena con una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba
- Se conecta el receptor a la antena bajo prueba por medio de la línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba.
- Se coloca la antena patrón y la antena bajo prueba una frente a la otra y con la misma polarización, de manera que se cumpla con la condición de campo lejano.
- Se realizan los ajustes necesarios en azimut y elevación de manera que se obtenga en el receptor el máximo nivel de señal, considerando a este punto como el nivel de referencia de 0°.
- El posicionador debe girar desde 0° hasta 360° con incrementos menores o igual a 1°, registrándose de manera simultánea los niveles de señal relativos en el receptor.
- Una vez obtenidos los niveles, se realiza la gráfica de patrón de radiación en formato polar o rectangular.
- Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.

III.11.- MEDICION DE LA GANANCIA

Objetivo: Obtener la ganancia en potencia desconocida de la antena bajo prueba en el intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

El método empleado es el de transferencia de ganancia.

Los equipos para la medición de la ganancia son:

- Un transmisor
 - Un receptor
 - Un posicionador
 - Antenas patrón
-

Las características del equipo de medición son:

Características del transmisor:

- Potencia de salida mínima de 0 dBm
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Estabilidad de 3 KHz/24 hrs. como máximo.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del receptor:

- Sensibilidad mínima de -90 dBm.
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Relación Señal a Ruido de 50 dB.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del posicionador:

- Posicionamiento en azimuth desde 0° hasta 360°.
- Posicionamiento en elevación desde 0° hasta 180°.

Características de las antenas patrón:

- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Ganancia calibrada.
- Frecuencia de operación conocida.
- 1dBOM±1.30

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

- Se energizan los equipos transmisor y receptor por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
 - Se conecta el transmisor a la antena con una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba
 - Se conecta el receptor a la antena bajo prueba por medio de la línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba.
 - Se coloca la antena patrón y la antena bajo prueba una frente a la otra y con la misma polarización, de manera que se cumpla con la condición de campo lejano.
 - Se registra el nivel recibido por la antena bajo prueba.
-

-Conservando las mismas condiciones de prueba, se intercambia la antena bajo prueba por una antena patrón, registrándose el nivel de señal recibido con la antena patrón.

-A partir de la fórmula de transmisión de H.T. Ecila se puede demostrar que la ganancia en potencia (G_1) dB de la antena bajo prueba es:

$$(G_1)_{dB} = (G_2)_{dB} + 10 \log (P_1/P_2)$$

donde:

(G_2)_{dB} es la ganancia en potencia de la antena patrón.

P_1 es la potencia recibida con la antena bajo prueba, en dB.

P_2 es la potencia recibida con la antena patrón en dB.

III.12.- MEDICION DEL S.W.R.

Objetivo: Obtener la razón de la energía máxima en una línea a la energía mínima en la misma línea. (La razón se expresa comúnmente con un número mayor a 1), en un intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

-Un analizador de redes

Accesorios:

-Fuente (Sintetizador de barrido)

-Separador de señal (Test Set)

-Kit de calibración 7 m

-Kit de verificación 7 m

Las características del equipo de medición son:

Características del analizador:

-Frecuencia de operación: Los intervalos calculados en los niveles de

frecuencias asignadas a los sistemas de espectro inverso.

-Impedancia de entrada de 50 ohms.

El equipo deberá estar calibrado.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y terminaciones apropiadas para una repetibilidad aceptable, con una longitud de onda calculada en el rango.

Método de medición:

-Se conectará el analizador de redes al sistema de transmisión y terminaciones apropiadas para una repetibilidad aceptable, con una longitud de onda calculada en el rango.

-Se conectará el analizador de redes al sistema de transmisión y terminaciones apropiadas para una repetibilidad aceptable, con una longitud de onda calculada en el rango.

-Conservando las mismas condiciones de prueba, se intercambia la antena bajo prueba por una antena patrón, registrándose el nivel de señal recibido con la antena patrón.

-A partir de la fórmula de transmisión de H.T. Friis se puede demostrar que la ganancia en potencia (G_T) dB de la antena bajo prueba es:

$$(G_T)_{dB} = (G_T)_{dB} + 10 \log (P_T/P_R)$$

donde:

$(G_T)_{dB}$ es la ganancia en potencia de la antena patrón.

P_T es la potencia recibida con la antena bajo prueba, en dB.

P_R es la potencia recibida con la antena patrón en dB.

III.12.- MEDICIONES DEL S.W.R.

Objetivo: Obtener la razón de la energía máxima en una línea a la energía mínima en la misma línea, (la razón se expresa comúnmente con un número mayor a 1), en un intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

-Un analizador de redes

Accesorios:

-Fuente (Sintetizador de barrido)

-Separador de señal (Test Set)

-Kit de calibración 7 mm

-Kit de verificación 7 mm

Las características del equipo de medición son:

Características del analizador:

-Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de

frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.

-Impedancia de entrada de 50 ohms.

El equipo deberá estar calibrado.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

-Se determina el intervalo de frecuencias en el cual se evaluará la antena. A partir de este dato se elegirá el tipo de cable, tipo de conectores, adaptadores y el kit de calibración a utilizar

-Se energizan al analizador de redes por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

- Una vez que se ha energizado el sistema de medición, se realizan las pruebas de autoverificación de funcionamiento de todos los equipos involucrados en el sistema
 - Se realiza la calibración del equipo con el kit seleccionado para el proceso de medición
 - Se selecciona el formato para la medición de impedancia
 - Se conecta al puerto de prueba el DFP con una línea de transmisión
 - Una vez conectado el DFP se obtendrán las lecturas correspondientes a la impedancia de la pantalla del analizador
 - Con el mismo arreglo y condiciones para la medición de la impedancia, se selecciona el formato para la medición del SWR
 - Se posiciona el marcador de la pantalla en las frecuencias de interés.
 - Una vez que se han localizado las frecuencias de interés, se procede a tomar lectura del valor medido.
-

HOJA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

**PROYECTO DE
ESPECIFICACIONES
TECNICAS
DE SISTEMAS DE
RADIOCOMUNICACION
QUE EMPLEAN LAS
TECNICAS DE ESPECTRO
DISPERSO
(SPREAD SPECTRUM)
EN LAS BANDAS
DE
960-990 MHz, 2400-2485.5
MHz Y 5725-5850 MHz.**

CAPITULO

IV

CAPITULO 0 INTRODUCCION.

**CAPITULO 1 OBJETIVO Y CAMPO DE
APLICACION.**

**CAPITULO 2 TERMINOLOGIA Y
ABREVIATURAS.**

**CAPITULO 3 SÍMBOLOS Y
ABREVIATURAS.**

CAPITULO 4 ESPECIFICACIONES.

CAPITULO 5 MUESTREO.

**CAPITULO 6 PROCEDIMIENTOS DE
COMPROBACION DE
PARAMETROS.**

Actualmente las aplicaciones de la tecnología en cuestión, han aumentado y la tendencia a incrementarse en la presente década es bastante promisoria. En el caso específico de México se cuenta con una norma que se refiere a la tecnología E.D., con carácter de emergencia; es esta la razón por la cual se hace necesario considerar la realización de una norma para la regulación de la operación de los equipos y/o sistemas con esta tecnología.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

Debido a la característica del ruido que posee la señal transmitida, los radios con tecnología espectro disperso pueden compartir la misma banda de frecuencias con los radios convencionales causando la más mínima interferencia. Esta flexibilidad permitió a la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) emitir su bien delineado reglamento de 1985 permitiendo el libre uso de los radios spread spectrum con una potencia de salida de hasta 1 watt en tres bandas de frecuencias compartidas: 902 a 928 MHz., 2.4 a 2.4835 GHz., y 5.725 a 5.85 GHz.

El hecho de que un usuario pueda operar dentro de estas bandas sin antes obtener primero una licencia de la FCC es un significativo adelanto en el uso de los sistemas de radio de microondas. Esto se convierte en un fuerte incentivo para elegir los radios con espectro disperso sobre los radios con tecnología convencional; ya que los usuarios no tienen que realizar grandes gastos en la coordinación y planificación del tiempo de uso de la frecuencia para asegurar que una nueva instalación de radio no interfiera con los enlaces de radio ya existentes.

El reglamento de la FCC, referente al uso de la tecnología E.D., contenida en la parte 15.247 está diseñada para estimular el amplio uso comercial de esta tecnología; y desde que se publicó diferentes productos comerciales se han introducido.

Son diversos los países que ya cuentan con una norma que regula esta tecnología, entre ellos están: Argentina, Australia, Canadá, Brasil, Japón, etc., los cuales tienen sistemas E.D. conviviendo en el mismo espacio geográfico, con los sistemas convencionales.

México carece de una norma, para transreceptores E.D.; hasta ahora se han utilizado las regulaciones especificadas en la Comisión Federal de Comunicaciones < FCC > de los Estados Unidos, en su parte 15-247.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes < SCT > tiene registrados bastantes enlaces con tecnología S.S., los cuales se encuentran operando en la banda de 902 - 928 MHz en coexistencia con otros sistemas. Sin embargo, existen un gran número de dispositivos de uso doméstico de los cuales únicamente las propias compañías comerciales tienen registro.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Esparso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Esparso (Spread
Spectrum) en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz., y 5725-5850 MHz.

BANDAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS.

Las bandas de frecuencias que se consideran como las más apropiadas para la asignación de E.D. en México son: 902 - 928 MHz., 2450 - 2483.5 MHz. y 5725 - 5850 MHz.

DESCRIPCIÓN DE LAS BANDAS.

En lo que respecta a la primera banda (902 - 928 MHz.) está atribuida nuevos servicios de radiocomunicaciones fijas y móviles, tales como radiotelefonía celular, radiotelefonía pública a bordo de aeronaves, radiolocalización móvil de personas local e internacional, sistemas personales de comunicación avanzada, radiocomunicación móvil especializada de flotillas y radiotransmisión de datos.

La banda de frecuencias de 2450 - 2483.5 MHz. está atribuida a sistemas de distribución múltiple de señales (enlaces punto a punto de baja capacidad telefónica) y para la transmisión de datos dentro de las ciudades más pobladas. Esta banda está designada también para aplicaciones industriales, científicas y médicas < ICM >, por lo que los servicios de radiocomunicación que funcionan en esta banda deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de esas aplicaciones.

En la banda de frecuencias de 5725 - 5850 MHz. está designada también para aplicaciones ICM, por lo que también es válida la aclaración que se hizo en la banda anterior. Esta banda está atribuida también a título secundario al servicio de aficionados por satélite (espacio-tierra), radiolocalización y radioaficionados.

El proyecto norma que se presenta fue realizado con base a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Título tercero Capítulo II; artículos 40, 41, 42, 43, 46 y 47; y la guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM Z-13).

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

SON- _____ -SCTI-1994

***PROYECTO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION QUE
EMPLERAN LAS TECNICAS DE ESPECTRO DISPERSO (SPREAD SPECTRUM) EN LAS BANDAS DE
FRECUENCIAS DE 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz Y 5725-5850 MHz.**

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

PREFACIO.

Los organismos, instituciones y empresas que participaron en la elaboración de esta norma son:

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Instituto Mexicano de Comunicaciones (IMC)
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas (CIME)
- Ed/Tel Telecomunicaciones
- Mexicana de Electrónica Industrial S.A. de C.V. (MEXEL)

INDICE

CAPITULO 0 INTRODUCCION

CAPITULO 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

CAPITULO 2 TERMINOLOGIA Y DEFINICIONES

CAPITULO 3 SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

CAPITULO 4 ESPECIFICACIONES

CAPITULO 5 MUESTREO

CAPITULO 6 METODO DE PRUEBA

CAPITULO 7 CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 0. INTRODUCCION

Si bien es cierto que una adecuada optimización del espectro pueda ser consecuencia de una apropiada legislación, también no es menos cierto que el buen uso de una tecnología específica pueda también (en la medida de lo posible) ayudar a revertir la actual situación del espectro sub-sanando los problemas que afronta al mismo originados por la saturación.

El espectro disperso básicamente es una sistema de transmisión, que se desarrolló en un principio para uso exclusivamente militar para ofrecer una mayor protección a las comunicaciones contra las interceptación o la interferencia que se pudiera ocasionar o provocar en una determinada banda de frecuencias. Este sistema es similar a los convencionalmente existentes pero difiere en que la energía media de la señal transmitida se reparte sobre un ancho de banda mucho mayor que el de la información y es precisamente de este hecho, del cual se deriva el nombre de la tecnología. Esencialmente en estas técnicas se intercambia una mayor anchura de banda de transmisión con una densidad espectral más baja, y entre sus cualidades más sobresalientes, están las de permitir un mayor rechazo a las señales interferentes que se ocasionan en la misma banda de frecuencias, también permite la posibilidad de compartir el espectro con sistemas de banda estrecha convencionales debido a la posibilidad de transmitir a una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha.

Se debe de considerar que en México existen equipos con aplicaciones industriales, científicas y médicas que no emplean la tecnología de espectro disperso y que operan en las bandas de 902-928 MHz, 2400-2500 MHz y 5725-5875 MHz., mismas que en otros países son las bandas asignadas a determinadas aplicaciones del espectro disperso.

Como es evidente se hace necesaria una reglamentación aplicable respectiva con normas específicas para que se asegure la convivencia y se garantice la protección de los equipos que emplean una modulación convencional, atendiendo con prioridad las necesidades del país.

Este proyecto de norma fue realizado con base a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Título tercero, Capítulo II, artículos 40, 41, 42, 43, 46 y 47); y la guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM Z-13).

CAPITULO 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

OBJETIVO:

El objetivo de esta norma es establecer los límites para la transmisión en sistemas de radiocomunicación cuya tecnología está basada en las técnicas de modulación de espectro disperso, los métodos de medición y las condiciones de operación.

CAMPO DE APLICACION:

Esta norma provee la regulación aplicable a todo dispositivo o sistema de radiocomunicación cuyo funcionamiento está basado en las técnicas de espectro disperso: Salto de Frecuencia (Frequency Hopping-<F.H.>) y Secuencia Directa (Direct Secuencia-<D.S.>) en las bandas 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

Esta norma no contempla técnicas de impulso por frecuencia (Chirped modulation), así como tampoco cualquier otra técnica híbrida.

Con fines de homologación o certificación las pruebas a que se refiere el capítulo 5 de esta norma, aplicables con fines de certificación y homologación sólo serán reconocidas cuando sean realizadas por un laboratorio acreditado y aprobado por la SCT.

CAPITULO 2. TERMINOLOGIA Y DEFINICIONES

Las siguientes definiciones se aplican específicamente al tema tratado en esta norma. Para información adicional, revisar las definiciones del reglamento de radiocomunicaciones (Diciembre de 1992) o el glosario de términos utilizados en las telecomunicaciones (25 de octubre de 1990).

ancho de banda: Intervalo de frecuencias, ocupadas por una señal que transporta información; se determina por un solo valor y es independiente de la posición de la banda en el espectro de frecuencias. Prácticamente es una banda de frecuencias que pueda ser reproducida por un amplificador y que representa la diferencia entre dos frecuencias.

ángulo de acimut: Angulo del plano horizontal, medido entre el haz principal de la antena a partir del norte verdadero de 0° a 360°, en sentido de las manecillas del reloj.

ángulo de elevación: Angulo del plano vertical, medido entre el haz principal de la antena con respecto al plano horizontal de 0° a 90°.

apertura de una antena: es la superficie ubicada en una antena o cerca de una antena con respecto, sobre la cual se pueden realizar cálculos de intensidad de campo, a fin de determinar el patrón de radiación esperado.

área local: Es una área de cobertura local, aquella en la que se pueden operar los equipos de espectro disperso usando una antena omnidireccional con una potencia radiada aparente (pra) máxima de 30 mWatts y/o un alcance máximo de 500 metros dentro de un mismo edificio.

área restringida: Es una área de cobertura restringida, aquella donde se utiliza una antena omnidireccional con una potencia radiada aparente (pra) de hasta un valor de 30 dBm, siempre y cuando las emisiones del usuario autorizado no se utilicen para enlazar equipos que impliquen el cruce de calles ni propiedades de terceros, por ejemplo: plantas industriales, centros comerciales, universidades, patios de carga manioabras. Normalmente son enlaces no mayores de 500 metros que utilicen antenas omnidireccionales Ocasionalmente.

armónica: Magnitudes sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de una cierta frecuencia tomada como fundamental.

atribución a título secundario: en lo que respecta a los equipos y/o sistemas de radiocomunicación que utilicen la técnica de espectro disperso, se refiere al condicionamiento de estos equipos a no causar interferencia a los equipos ICM, estaciones de radiocomunicación de voz y datos con frecuencia específica asignada, así como estaciones autorizadas de radiolocalización y estarán expuestos a recibir las interferencias que aquellas les puedan causar sin que tales sistemas de espectro disperso reclamen protección.

banda de frecuencias: parte del espectro radioeléctrico que se define por dos límites especificados.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

comité consultivo internacional de radiocomunicaciones (CCIR): Organó permanente de la UIT.

densidad de flujo de potencia: Potencia transmitida por unidad de superficie normal al vector de apuntamiento, en un sector del campo electromagnético.

decibel: Relación logarítmica entre dos magnitudes como potencia, corriente tensión, etc.

emisión no esencial: Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de banda, necesaria cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversión de las frecuencias, están comprendidos en las emisiones no esenciales pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

enlaces de cobertura amplia: Son aquellos enlaces punto a punto con una distancia entre extremos mayor a 500 metros en donde se utilizan antenas direccionales, el alcance se determina con una potencia radiada aparente (pra) máxima de 36 dBm.

espectro disperso: Técnica de transmisión en la cual la información de interés ocupan un ancho de banda mayor del mínimo necesario para enviar la misma. La dispersión del espectro se realiza antes de transmitir la información a través del uso de un código que es independiente de la secuencia de datos. El mismo código es empleado en el receptor correspondiente para comprimir y demodular la señal y así recobrar la información de origen.

espectro disperso por salto de frecuencia: Técnica de estructuración de la señal que emplea una conmutación automática de la frecuencia transmitida. La selección de la frecuencia a transmitir se realiza en forma pseudoaleatoria, a partir de un juego de frecuencias, que cubre una banda más ancha que la banda de la información. El receptor correspondiente realizará un salto de frecuencia en sincronía con el código del transmisor para recuperar la información deseada.

espectro disperso por secuencia directa: Técnica de estructuración de la señal en que puede emplearse modulación de amplitud, modulación de frecuencia o modulación de fase, para modular una portadora de RF por una señal de espectro ampliado.

ganancia de antena: Relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión. Generalmente se expresa en decibels isotrópicos (dBi), para que ambas antenas produzcan en una dirección dada la misma intensidad de campo a la misma densidad de flujo de potencia a la misma distancia. Es el cociente de la intensidad del campo que se produce en un punto a lo largo de la línea de radiación máxima, para una potencia determinada radiada por la antena, dividida por la que produce en el mismo punto y para la misma potencia en una antena de referencia omnidireccional.

ganancia de proceso: Se concibe como la relación del ancho de banda de una señal de espectro disperso al ancho de banda de la señal no dispersa (en su ancho de banda original). Se define también como ganancia del proceso del sistema cuando la relación de salida señal deseada/señal interferente (S/N)_{salida} se hace mayor que la relación de entrada señal deseada/señal interferente (S/I)_{entrada}.

Modulación: Proceso por el que se modifican algunas de las características de una oscilación y onda de acuerdo con las variaciones de otra señal llamada generalmente moduladora.

patrón de radiación: Término utilizado para describir la forma geométrica con la que una antena irradia o recibe las señales electromagnéticas; es decir, representa la distribución de la energía del campo electromagnético en el espacio permitiendo identificar en cuales direcciones lo hace con mayor o menor efectividad.

polarización: Es la propiedad de una onda electromagnética que describe la dirección del vector campo eléctrico cuando varía con respecto al tiempo.

potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE en una dirección dada): Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta).

potencia de salida: Potencia que se obtiene a la salida del transmisor antes de conducirla por el cableado que va a la antena transmisora.

potencia máxima de transmisión: Potencia de operación máxima de salida del transmisor autorizado.

potencia radiada aparente: (pra) producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

relación frente-espalda: Es la relación que existe entre la dirección de máxima energía y la dirección opuesta.

CAPITULO 3. SIMBOLOS Y ABBREVIATURAS

AB: ancho de banda.
BER, Bit Error Rate: tasa de bits errados.
bps, Bit Per Second: bits por segundo.
BFSK, Binary Phase Shift Keying: Modulación por desplazamiento de Fase Binaria.
C/N, Carrier /Noise Ratio: relación portadora/ruido.
dB: decibel.
dBd: Decibel con relación a un dipolo.
dBm: decibeles referidos a un radiador isotrópico.
dBm: decibeles referidos a 1,0 miliwatt.
G: ganancia.
GHz: gigahertz.
Hz: hertz.
ICM: Industrial, científico y médico.
K: kelvin.
kb/s: kilobit por segundo
KHz: kilohertz.
LFWFN: Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
MHz: Megahertz.
MPSK: Tipo de modulación por desplazamiento de fase.
NOM: Norma Oficial Mexicana.
QPSK, Quadrature Phase Shift Keying: modulación cuadrática por desplazamiento de fase.
FIRE: potencia isotrópica radiada equivalente.
ppm: partes por millón.
SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
sec: Segundo.
SINALP: Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas.
SR, antes CCIR: Sector de Radiocomunicaciones de la UIT.
UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
°C: grados celsius.

CAPITULO 4. ESPECIFICACIONES

GENERALIDADES

Todos los equipos y/o sistemas de radiocomunicación que utilice las técnicas de espectro disperso deben operar con las frecuencias autorizadas en las bandas de frecuencia de 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

Los equipos y/o sistemas de radiocomunicación que utilicen las técnicas de espectro disperso deben operar a título secundario en las bandas antes mencionadas.

Los usuarios deben utilizar la potencia mínima indispensable de operación de los equipos y/o sistemas en sus aplicaciones.

Los sistemas de espectro disperso deben contar con un certificado de homologación expedido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, previo su comercialización en México.

Los usuarios deben requerir licencia de operación, misma que será expedida por la SCT.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

Especificaciones de transmisión a ambientes de operación en áreas locales para las bandas 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

SISTEMAS DE MODULACION POR SALTO DE FRECUENCIA

SEPARACION DE FRECUENCIAS PORTADORAS (KHz)	ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (KHz)	SALTOS DE FRECUENCIA
25 mínimo 500 máximo	500 máximo	50 mínimo (902-928 MHz.) 75 mínimo (2450-2483.5 y 5725-5850 MHz)

TABLA 4.2.1.

Especificaciones de potencia pico de transmisión, potencia radiada aparente y armónicas.

POTENCIA PICO DE TRANSMISION (en Watts)	POTENCIA RADIADA APARENTE (pra) (dBm)	ARMONICAS (a 3 octavas) (µV)
30 máximo ²	14.7	menor a 500 ³

TABLA 4.2.2.

² La potencia de la señal, en cualquier segmento de 100 kHz, fuera del ancho de banda de operación deberá ser 20 dB menor que la potencia en cualquier segmento de 100 kHz, dentro del ancho de banda de operación.

³ Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 982-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

Especificaciones de tiempo de ocupación de frecuencia, tolerancia en frecuencia y velocidad de transmisión.

TIEMPO MAXIMO DE OCUPACION DE FRECUENCIA (seg.)	TOLERANCIA EN FRECUENCIA (KHz.)	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mb/s.)
menor a 0.4	±100 del ancho de banda total	2.048

TABLA 4.2.3.

Especificaciones de la ganancia de la antena y patrón de radiación.

GANANCIA DE ANTENA (dBd.)	PATRON DE RADIACION
0	omnidireccional

TABLA 4.2.4.

SISTEMAS DE MODULACION POR SEÑAL EN DIRECTA

Especificaciones de transmisión a ambientes de operación en áreas locales para las bandas 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (KHz.)	GANANCIA DE PROCESO (dB.)	GANANCIA DE LA ANTENA (dBd)	PATRON DE RADIACION
500	10	0	omnidireccional

TABLA 4.2.5.

POTENCIA PICO DE TRANSMISION (mW.)	ARMONICAS (a 3 metros) (µV)	POTENCIA RADIADA APARENTE (para) (dBm)	DENSIDAD DE POTENCIA EN 1 seg
30 máximo ⁷	menor a 500 ⁸	14.7	-8dBm/3KHz

TABLA 4.2.6.

VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kb/s.)
hasta 512

TABLA 4.2.7.

⁷ La potencia de la señal, en cualquier segmento de 100 kHz, fuera del ancho de banda de operación, deberá ser 20 dB menor que la potencia en cualquier segmento de 100 kHz dentro del ancho de banda de operación.

⁸ Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

*Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
 Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
 en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.*

Especificaciones de transmisión a ambientes de coacción en áreas restringidas para las bandas 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

SISTEMAS DE MODULACION POR SALTO DE FRECUENCIA

SEPARACION DE FRECUENCIAS PORTADORAS (KHz)	ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (KHz)	SALTOS DE FRECUENCIA
25 mínimo 500 máximo	500 máximo	50 mínimo (902-907.2/922.8-9028 MHz.) 75 mínimo (2450-2483.5 y 5725-5850 MHz)

TABLA 4.3.1.

Especificaciones de potencia pico de transmisión, potencia radiada aparente y armónicas.

POTENCIA RADIADA APARENTE (pra) (dBm)	ARMONICAS (a 3 armos) (aV)
≤30	menor a 500 ⁹

TABLA 4.2.2.

Especificaciones de tiempo de ocupación de frecuencia, tolerancia en frecuencia y velocidad de transmisión.

TIEMPO MAXIMO DE OCUPACION DE FRECUENCIA (seg.)	TOLERANCIA EN FRECUENCIA (KHz.)	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mb/s.)
menor a 0.4	±100 del ancho de banda total	2.048

TABLA 4.3.3.

⁹ Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
 Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
 en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

Especificaciones de la relación frente-espalda de la antena y patrón de radiación.

RELACION FRENTE-ESPALDA (dB.)	PATRON DE RADIACION
≥ 20	omnidireccional (para enlaces de hasta 500 metros) ¹⁰ .

TABLA 4.3.4.

SISTEMAS DE MODULACION POR SECUENCIA DISPERSA

Especificaciones de ancho de banda de la señal, ganancia de proceso, relación frente espalda y patrón de radiación en áreas restringidas.

ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (KHz.)	GANANCIA DE PROCESO (dB.)	RELACION FRENTE-ESPALDA (dB)	PATRON DE RADIACION
500	10 mínimo	≥ 20	omnidireccional (para enlaces de hasta 500 metros) ¹¹ .

TABLA 4.3.5.

¹⁰ Para enlaces mayores de 500 metros se deberán usar antenas direccionales con las siguientes características:

• *Hancho de haz* del patrón horizontal a 3 dB de la potencia máxima $\leq 22^\circ$.

• *Hancho de haz* del patrón vertical a 3 dB de la potencia máxima $\leq 45^\circ$.

¹¹ Para enlaces mayores de 500 metros se deberán usar antenas direccionales con las siguientes características:

• *Hancho de haz* del patrón horizontal a 3 dB de la potencia máxima $\leq 22^\circ$.

• *Hancho de haz* del patrón vertical a 3 dB de la potencia máxima $\leq 45^\circ$.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

ARMONICAS (a 3 metros) (μ V)	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mb/s.)	DENSIDAD DE POTENCIA EN 1 MHz
menor a 500 ¹²	2.048	-80dBm/3KHz

TABLA 4.3.6.

Especificaciones de transmisión a enlaces de cobertura amplia para las bandas 902-907.2, MHz, 922.8-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

SISTEMAS DE MODULACION POR SALTO DE FRECUENCIA

SEPARACION DE FRECUENCIAS PORTADORAS (KHz)	ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (kHz)	SALTOS DE FRECUENCIA
25 mínimo 500 máximo	500 máximo	50 mínimo (902-907.2/922.8- 928 MHz.) 75 mínimo (2450-2483.5 y 5725-5850 MHz)

TABLA 4.4.1.

POTENCIA PICO DE TRANSMISION (mWatts)	POTENCIA RADIADA APARENTE (pra) (dBm)	ARMONICAS (a 3 metros) (μ V)
250 máximo ¹³	-36	menor a 500 ¹⁴

TABLA 4.4.2.

¹² Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

¹³ La potencia de la señal, en cualquier segmento de 100 kHz., fuera del ancho de banda de operación deberá ser 20 dB menor que la potencia en cualquier segmento de 100 kHz. dentro del ancho de banda de operación.

¹⁴ Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
 Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
 en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

TIEMPO MÁXIMO DE OCUPACION DE FRECUENCIA (seg.)	TOLERANCIA EN FRECUENCIA (KHz.)	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mb/s.)
menor a 0.4	±100 del ancho de banda total	2.048

TABLA 4.4.3.

Especificaciones de la relación frente-espalda de la antena y patrón de radiación.

RELACION FRENTE-ESPALDA (dB.)	PATRON DE RADIACION
≥ 20	direccional ¹⁵ .

TABLA 4.4.4.

SISTEMAS DE MODULACION POR ESPECTRO DISPERSO

Especificaciones de ancho de banda de la señal, ganancia de proceso, relación frente espalda y patrón de radiación de enlaces de cobertura amplia.

ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL (KHz.)	GANANCIA DE PROCESO (dB.)	RELACION FRENTE-ESPALDA (dB)	PATRON DE RADIACION
500	10 mínimo	≥20	direccional ¹⁶ .

TABLA 4.4.5.

¹⁵ Se deberán usar antenas direccionales con las siguientes características:

- * Hancha de haz del patrón horizontal a 3 dB de la potencia máxima ≤22°.
- * Hancha de haz del patrón vertical a 3 dB de la potencia máxima ≤45°.

¹⁶ Se deberán usar antenas direccionales con las siguientes características:

- * Hancha de haz del patrón horizontal a 3 dB de la potencia máxima ≤22°.
- * Hancha de haz del patrón vertical a 3 dB de la potencia máxima ≤45°.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-3483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

ARMONICAS (a 3 metros) (μ V)	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Mbits.)	DENSIDAD DE POTENCIA EN 1 seg
menor a 500 ¹⁷	2.048	\leq 8dBm/3KHz

TABLA 4.4.6.

¹⁷ Las emisiones no esenciales no deben exceder este límite si son medidas en las terminales de la antena. La potencia de las emisiones no deberá exceder 2 nanoWatts.

CAPITULO 5. MUESTREO

El significado de los límites para los equipos que emplean la técnica de espectro disperso debe ser interpretado de tal forma que sobre una base estadística al menos el 80% del equipo producido en volumen, cumpla con las especificaciones con al menos el 80% de confianza.

Las pruebas deben realizarse de la siguiente manera:

- i.- A una muestra empleando el método estadístico de evaluación establecido en B
- ii.- O a un equipo únicamente cuando no sea factible tomar una muestra o por las dimensiones del equipo.

Es necesario verificar periódicamente el equipo, el cual debe ser seleccionado aleatoriamente de la producción en serie, especialmente en el caso descrito en ii

B) El cumplimiento con los límites del equipo bajo prueba, validado estadísticamente se debe realizar de la siguiente manera:

La prueba se debe realizar sobre una muestra no menor de tres artículos y no mayor de 12 del mismo tipo, el cumplimiento es evaluado a partir de la siguiente relación:

$$\bar{X} + kS_n \leq L$$

donde: \bar{X} es la media aritmética del valor medido en la muestra de n artículos.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_n - \bar{X})^2$$

- x_n es el valor individual de un artículo
 S es la desviación típica muestral
 S_n es la variancia muestral.
 L es el límite o especificación límite correspondiente.
 k es el factor derivado de las tablas de una distribución-t no central el cual garantiza con un 80% de confianza en los límites del 80% de la población. El valor k depende del tamaño de la muestra n, que se muestra en la tabla siguiente.

Las cantidades x_n , \bar{X} , S_n y L son expresadas logarítmicamente: dB (μV), dB ($\mu V/m$) o dB (pW).

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k	2.04	1.69	1.52	1.42	1.35	1.30	1.27	1.24	1.21	1.2

CAPITULO 6. PROCEDIMIENTOS DE COMPROBACION DE PARAMETROS

VI.1.- MEDICION DE LA FRECUENCIA DE OPERACION

Objetivo: Confirmar la frecuencia de operación de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

-Analizador de espectros

Las características del equipo de medición son:

-Impedancia nominal de 50 ohms.

-El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir la frecuencia de operación del DBP.

-Sensibilidad al menos de -90 dBm.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

-Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

-Se conecta en analizador al DBP a través de una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba (ver figura A)

-Se acondicionan el intervalo de frecuencias (SPAN) en la graticula del analizador.

-Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.

-Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del DBP.

-Posteriormente se procede a medir la frecuencia de operación del canal.

-Una vez obtenida la frecuencia se realiza la gráfica en formato rectangular

VI.2.- MEDICION DE LA POTENCIA DE SALIDA

Objetivo: Confirmar la potencia de salida mediante la aplicación del método de medición definido, las especificaciones requeridas para su operación.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

- Medidor de potencia.
- Sensor de potencia.

Las características del equipo de medición son:

- El intervalo de frecuencia del medidor de potencia debe ser lo suficientemente amplio, para cubrir la frecuencia de operación del DSB.
- La exactitud deberá ser de por lo menos $\pm 1.2\%$

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Se realiza la rutina cero al medidor de potencia, sin aplicar ningún nivel de R.F. (Se debe observar que la rutina de verificación se realice sin ningún error expresado en la pantalla del medidor).
- Se presiona la tecla PRESET para ajustar los parámetros en ambos canales, en valores predeterminados apropiados.
- Se conecta el sensor de potencia a través de una línea de transmisión a la entrada del canal A, a *low Power reference*.
- Se presiona cero y se espera aproximadamente 15 segundos en espera de la terminación de esta rutina.
- Posteriormente se realiza la rutina CAL ADJ introduciendo el REF CAL FACTOR del sensor de potencia.
- La rutina CAL ADJ se emplea para calibrar al medidor de potencia a cualquier sensor de potencia compatible a una referencia conocida.
- Se presiona CAL FACTOR y se introduce el factor de calibración de referencia con el teclado; si el CAL FACTOR es el mismo que el del paso anterior sólo se presiona ENTER.

La calibración debe realizarse cada vez que el medidor cambie de sensor o cuando la temperatura ambiental varíe más de 5° C.

-Al presionar la tecla CAL FACTOR es posible introducir el factor de calibración del sensor conectado al canal de entrada activo. El factor de calibración se introduce en cantidades de tanto por ciento.

-Conecte el sensor de potencia a la salida de R.F. del equipo bajo prueba, es importante verificar que el nivel de potencia proporcionado por el equipo bajo prueba no exceda los niveles máximos permitidos por el sensor y por el medidor de potencia.

-La lectura de la medición de potencia se obtiene a la salida directamente en Watts o dBm.

VI.3.- MEDICIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Objetivo: Confirmar ancho de banda de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

-Analizador de espectros

Las características del equipo de medición son:

-Impedancia nominal de 50 ohms.

-El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir el ancho de banda de los canales del DSP.

-Relación señal a ruido 50 dB.

-Sensibilidad al menos de -90 dBm.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

-Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

-Se conecta en analizador al DSP a través de una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba (ver figura A)

-Se acondicionan el intervalo de frecuencias (SPAN) en la graticula del analizador.

-Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.

- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del DBP.
- Posteriormente se procede a medir la frecuencia de operación del canal.
- Una vez obtenida la frecuencia se realiza la gráfica en formato rectangular

VI.4.- MEDICION DE LA SENSIBILIDAD EN FUNCION DEL B.E.R.

Objetivo: Confirmar la sensibilidad de las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

- Analizador de comunicaciones de datos

Las características del equipo de medición son:

- Impedancia nominal de 50 ohms.
- El ancho de banda del analizador de espectros debe ser lo suficientemente amplio, para medir la sensibilidad del DBP.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

- Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba
 - Se conecta el analizador de comunicaciones al DBP a través de una línea de transmisión y se selecciona una frecuencia.
 - Se realizan los pasos anteriores con otros equipos (DBP y Analizador de comunicaciones de datos) de las mismas características para realizar un enlace.
 - Durante la prueba se debe disminuir gradualmente la potencia de salida de ambos equipos de prueba.
 - Se debe tomar lectura cuando en el instante en el que suceda pérdida de datos y/o sincronía de los DBP's.
-

VI.5.- MEDICIÓN DEL PROMEDIO DE ERROR-BIT (B.E.R.)

Objetivo: Confirmar la tasa de bits erróneos durante la transmisión por las especificaciones requeridas para su operación, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición del ancho de banda son:

-Analizador de comunicaciones de datos

Las características del equipo de medición son:

-Impedancia nominal de 50 ohms.

-El ancho de banda del analizador de comunicaciones de datos debe ser lo suficientemente amplio, para medir el B.E.R. del DBP.

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Además el equipo deberá estar calibrado.

Método de medición.

-Se energiza el equipo por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

-Se conecta el analizador de comunicaciones de datos al DBP a través de una línea de transmisión y se selecciona una frecuencia.

-Se realizan los pasos anteriores con otros equipos (DBP y Analizador de comunicaciones de datos) de las mismas características para realizar un enlace mínimo durante 24 horas.

-Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida de los DBP's.

-Posteriormente se procede a tomar lectura del resultado de la medición.

VI.6.- MEDICION DEL PATRON DE RADIACION

Objetivo: Obtener la distribución de la energía del campo electromagnético en el intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

- Un transmisor
- Un receptor
- Un posicionador
- Antenas patrón

Las características del equipo de medición son:

Características del transmisor:

- Potencia de salida mínima de 0 dbm
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Estabilidad de 3 KHz/24 hrs. como máximo.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del receptor:

- Sensibilidad mínima de -90 dbm.
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Relación Señal a Ruido de 50 db.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del posicionador:

- Posicionamiento en azimuth desde 0° hasta 360°.
- Posicionamiento en elevación desde 0° hasta 180°.

Características de las antenas patrón:

- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Ganancia calibrada.
- Frecuencia de operación conocida.
- 12K0E1.30

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

- Se energizan los equipos transmisor y receptor por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

- Se conecta el transmisor a la antena con una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba
- Se conecta el receptor a la antena bajo prueba por medio de la línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba.
- Se coloca la antena patrón y la antena bajo prueba una frente a la otra y con la misma polarización, de manera que se cumpla con la condición de campo lejano.
- Se realizan los ajustes necesarios en acisut y elevación de manera que se obtenga en el receptor el máximo nivel de señal, considerando a este punto como el nivel de referencia de 0°.
- El posicionador debe girar desde 0° hasta 360° con incrementos menores o igual a 1°, registrándose de manera simultánea los niveles de señal relativos en el receptor.
- Una vez obtenidos los niveles, se realiza la gráfica de patrón de radiación en formato polar o rectangular.
- Se prepara un plotter para realizar la gráfica rectangular.

VI.7.- MEDICION DE LA GANANCIA

Objetivo: Obtener la ganancia en potencia desconocida de la antena bajo prueba en el intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

El método empleado es el de transferencia de ganancia.

Los equipos para la medición de la ganancia son:

- Un transmisor
- Un receptor
- Un posicionador
- Antenas patrón

Las características del equipo de medición son:

Características del transmisor:

- Potencia de salida mínima de 0 dBm
- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Estabilidad de 3 KHz/24 hrs. como máximo.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del receptor:

- Sensibilidad mínima de -90 dBm.
-

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

- Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.
- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Relación Señal a Ruido de 50 dB.

El equipo deberá estar calibrado.

Características del posicionador:

- Posicionamiento en azimuth desde 0° hasta 360°.
- Posicionamiento en elevación desde 0° hasta 180°.

Características de las antenas patrón:

- Impedancia de entrada de 50 ohms.
- Ganancia calibrada.
- Frecuencia de operación conocida.
- 1sROE±1.30

Se deberá de considerar el uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

- Se energizan los equipos transmisor y receptor por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba.
- Se conecta el transmisor a la antena con una línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba.
- Se conecta el receptor a la antena bajo prueba por medio de la línea de transmisión y se sintoniza a la frecuencia de prueba.
- Se coloca la antena patrón y la antena bajo prueba una frente a la otra y con la misma polarización, de manera que se cumpla con la condición de campo lejano.
- Se registra el nivel recibido por la antena bajo prueba.
- Conservando las mismas condiciones de prueba, se intercambia la antena bajo prueba por una antena patrón, registrándose el nivel de señal recibido con la antena patrón.
- A partir de la fórmula de transmisión de H.T. Friis se puede demostrar que la ganancia en potencia (G_T) dB de la antena bajo prueba es:

$$(G_T)_{dB} = (G_s)_{dB} + 10 \log (P_T/P_s)$$

donde:

- $(G_s)_{dB}$ es la ganancia en potencia de la antena patrón.
 - P_T es la potencia recibida con la antena bajo prueba, en dB.
 - P_s es la potencia recibida con la antena patrón en dB.
-

VI.8.- MEDICION DEL S.W.R.

Objetivo: Obtener la razón de la energía máxima en una línea a la energía mínima en la misma línea, (la razón se expresa comúnmente con un número mayor a 1), en un intervalo de frecuencia de operación de la antena bajo prueba, mediante el método de medición definido.

Los equipos para la medición de la frecuencia de operación son:

-Un analizador de redes

Accesorios:

-Fuente (Sintetizador de barrido)

-Separador de señal (Test Set)

-Kit de calibración 7 mm

-Kit de verificación 7 mm

Las características del equipo de medición son:

Características del analizador:

-Frecuencia de operación: Los intervalos señalados en las bandas de

frecuencias asignadas a los sistemas de espectro disperso.

-Impedancia de entrada de 50 ohms.

El equipo deberá estar calibrado.

Se deberá de considerar al uso de líneas de transmisión y conectores apropiados para una repetibilidad aceptable, con una impedancia característica de 50 ohms.

Método de medición.

-Se determina el intervalo de frecuencias en el cual se evaluará la antena. A partir de este dato se eligirá el tipo de cable, tipo de conectores, adaptadores y el kit de calibración a utilizar

-Se energizan el analizador de redes por lo menos 30 minutos antes de iniciar la prueba

-Una vez que se ha energizado el sistema de medición, se realizan las pruebas de autoverificación de funcionamiento de todos los equipos involucrados en el sistema

-Se realiza la calibración del equipo con el kit seleccionado para el proceso de medición

-Se selecciona el formato para la medición de impedancia

-Se conecta al puerto de prueba el DBP con una línea de transmisión

-Una vez conectado el DBP se obtendrán las lecturas correspondientes a la impedancia de la pantalla del analizador

- Con el mismo arreglo y condiciones para la medición de la impedancia, se selecciona el formato para la medición del SWR
- Se posiciona el marcador de la pantalla en las frecuencias de interés.
- Una vez que se han localizado las frecuencias de interés, se procede a tomar lectura del valor medido.

BIBLIOGRAFIA

REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES; UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (GINEBRA 1990).

UTILIZACION DEL ESPECTRO Y COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES VOLUMENES IV-1 Y I; COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES CCIR (DUSSELDORF 1990).

GLOSARIO DE TERMINOS UTILIZADO EN TELECOMUNICACIONES; TELECOMUNICACIONES DE MEXICO (DICIEMBRE DE 1992).

LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION.

REGLAMENTO DE TELECOMUNICACIONES (25 DE OCTUBRE DE 1990).

LEY FEDERAL DE METROLOGIA Y NORMALIZACION (31 DE JULIO DE 1992).

CUADRO DE ATRIBUCION NACIONAL DE FRECUENCIAS DE MEXICO (1993).

GUIA PARA REDACCION, ESTRUCTURACION Y PRESENTACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM Z-13).

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso
Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiocomunicación que emplean las Técnicas de Espectro Disperso (Spread Spectrum)
en las Bandas de Frecuencias de 902-928 MHz., 2450-2483.5 MHz. y 5725-5850 MHz.

HOJA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

CAPITULO V
APLICACIONES
Y
TENDENCIAS
DEL
SISTEMA

CAPITULO

V

- V.1 APLICACIONES DE APERTURA EN EL ESPECTRO DISPERSO.**
- V.2 APLICACIONES DEL SISTEMA PARA APLICACIONES DE COMUNICACIONES.**
- V.3 C.B.S.A. PARA LA COMUNICACION AREA LOCAL.**
- V.4 RED DE COMUNICACIONES PERSONALES.**
- V.5 CAPACIDAD DE C.B.S.A. POR PARA COMPLETAR EL ESPECTRO.**
- V.6 APLICACIONES EN LAS AREAS.**
- V.7 ESTACIONES PERSONALES DE APERTURA AREA LOCAL.**
- V.8 TENDENCIAS FUTURAS.**

Los objetivos por los cuales fueron desarrolladas las técnicas de Espectro Disperso se han hecho deseables para consideraciones de asignación en el espectro. Desde que el Comité Federal de Comunicaciones «FCC» liberó el uso de las técnicas y comentó la aplicación de esta tecnología en dispositivos civiles comerciales, se tornaron los objetivos de aplicación y los alcances de las técnicas han llegado a las redes inalámbricas de área local.

APLICACIONES Y TENDENCIAS DEL SISTEMA

V.1.- PRINCIPIOS DE ATRIBUCION EN EL ESPECTRO RADIOELECTRICO

En un inicio las técnicas de Espectro Disperso fueron desarrolladas para permitir la comunicación bajo condiciones adversas, como lo fueron y lo siguen siendo, una "relación muy baja de señal a ruido" y "bajos niveles de señal", nunca fué el objetivo primordial el de optimizar más el uso del espectro electromagnético, con transmisiones de banda ancha, todavía aún los objetivos por los cuales fueron desarrolladas las técnicas parecerían deseables para consideraciones de asignación en el espectro. Actualmente el F.D. ha tornado sus objetivos de aplicación y se ha convertido en una alternativa que alcanza a cubrir ambientes específicos en donde existe:

- Congestión electromagnética
- Necesidad de coberturas con múltiples puntos adyacentes
- Cableados problemáticos
- Complejos industriales y de empresas con ambientes saturados.

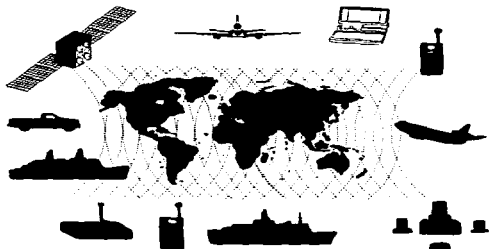


FIGURA V.1 Sistemas convencionales de banda ancha y sistemas de espectro disperso conviviendo en el mismo espacio geográfico.

¹⁸ Como aquella que se origina debido a la alta interferencia co canal.

¹⁹ Como puede ocurrir con sistemas de trayectorias muy largas o transmisiones con baja detectabilidad.

Para obtener una satisfactoria operación del sistema y lograr una buena eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico, es conveniente observar dos estrategias para la aplicación práctica del E.D.

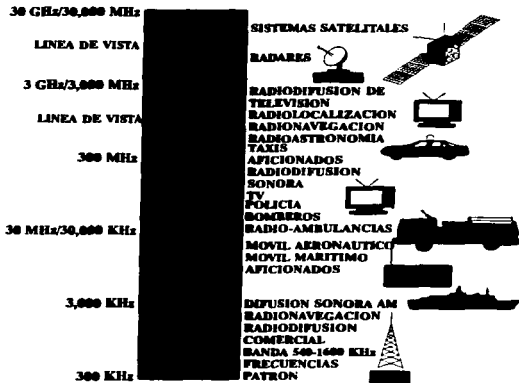


FIGURA V.2 Principales usuarios del espectro

convencionales, así como también, será posible garantizar una satisfactoria operación de los sistemas de E.D. en presencia de múltiples señales interferentes.

Una estrategia sería introducir bandas anchas de E.D. en bandas de frecuencia seleccionadas, que actualmente ya han sido asignadas a sistemas de banda angosta, y emplearlas de manera simultánea por ambos tipos de sistemas, bajo las debidas condiciones. Cada uso simultáneo de frecuencias deberá ser completamente práctico y debidamente normado, dado que, actualmente el espectro ya se encuentra saturado con sistemas de banda angosta.

Una manera de llevar a cabo lo anterior sería permitir que los usuarios continúen operando como lo han venido haciendo hasta ahora y comenzar a introducir otros usuarios con las nuevas técnicas en las presentes redes. De esta manera se podrá contar con sistemas que provoquen la más mínima interferencia a sistemas

La característica principal que permita realizar la compartición de las frecuencias asignadas originalmente para aumentar aún más la explotación del espectro con nuevos usuarios, es la baja densidad de potencia de la señal²⁰, lo cual para los sistemas convencionales de banda angosta significa simplemente un pequeño aumento de ruido. Una manera de ver esto es observando la figura V.3 la cual muestra una señal modulada con la técnica de dispersión se emplea un código de dispersión con una tasa de 1.5 Mbits/s. y un ancho de banda entre nulos de 3 MHz; la potencia del transmisor naturalmente es expandida sobre este ancho de banda. En los 3 MHz. un transmisor de 10 W puede producir una densidad de potencia espectral de aproximadamente 3.3 $\mu\text{W}/\text{Hz}$. La señal de 10 W provocaría casi el mismo efecto en cualquier receptor, comparándola con otra señal generada por otro transmisor con un ancho de banda de 3 KHz y potencia en los 3 KHz o en un ancho

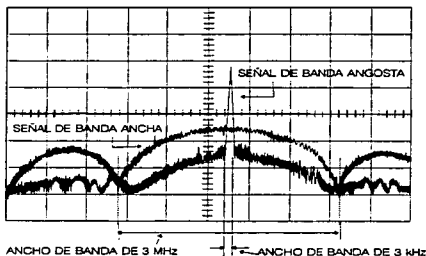


FIGURA V.3 Comparación de la distribución de potencia espectral de dos señales con diferentes anchos de banda.

con una potencia de 10 mW concentrando su de banda menor.

Otra segunda característica que permite a cualquier sistema E.D. operar en ambientes con interferencia, tratada en capítulos anteriores, es su capacidad inherente de ofrecer rechazo a la interferencia, este rechazo por parte del receptor de E.D., arriba de un determinado nivel, como ya se ha visto anteriormente, está en función del valor del código secuencial en un sistema de secuencia directa y en el número de canales usados para un sistema F.H. o en la relación de compresión para un sistema Chirp.

El principal obstáculo para el desarrollo de la estrategia de introducir señales de banda ancha "spread spectrum", en donde ya existen sistemas de banda angosta será la reticencia de las frecuencias comúnmente autorizadas para querer compartirlas cuando parecen no tener nada que ganar. El mejor argumento contra esta disposición es el hecho de entender que la sociedad mundial como una unidad necesita compartir las frecuencias, sobretudo por el beneficio que se puede lograr en la capacidad de comunicación. Para desarrollar esa capacidad, se requiere de una planeación cuidadosa, y sobretudo cooperación en la compartición del espectro por parte de los usuarios.

²⁰ Característica inherente al sistema E.D. porque la potencia de la señal es expandida o dispersa en un amplio ancho de banda (ver capítulo II).

La segunda estrategia que se sugiere, en los principios de la compartición del espectro para posibles aplicaciones de E.D., consiste en establecer ciertas bandas para tales sistemas de banda ancha y, conceptualmente, "asignar códigos ortogonales, más que canales de frecuencia".

Esta segunda estrategia podría ser implementada de una manera evolucionaria, como un resultado de la primera, cuando las ventajas que ofrecen las técnicas del E.D. lleguen a ser más reconocidas, ante esta acción, la reacción sería la de aumentar el número de sistemas de banda ancha, en determinadas bandas, con diferentes códigos de trabajo asignados, como se sugirió, y, de manera inversa, disminuir las asignaciones de banda angosta.

Por otra parte, la pregunta que surge en torno a la redituabilidad del sistema, es la siguiente: si estos sistemas permiten el mismo número múltiple de usuarios, tanto como la canalización por división de frecuencia convencional, que transmiten a la misma frecuencia portadora y ocupan el mismo ancho de banda de N_f .

No se puede dar una respuesta generalizada a esta pregunta porque el número relativo de usuarios que pueden operar depende en cualquier caso del modo asumido por el usuario, de la distribución de potencia de la señal y de las características del equipo usado.

Sin embargo, haciendo un análisis para determinar de una manera aproximada cuantos usuarios de E.D. pueden ocupar simultáneamente una banda dada, esta basado en el margen de interferencia del sistema. Este margen de interferencia determina la relación de interferencia a señal (I/S), la cual puede existir a la entrada del receptor mientras se mantiene una adecuada relación de señal a interferencia (S/I) a la salida del mismo, la expresión para el margen de interferencia es:

$$M = G_p - L - (S/I)_{salida} \quad \text{-- (V.1)}$$

Donde:

- S/I = Relación de señal a ruido requerido a la salida.
- M = Margen de interferencia.
- G_p = Proceso de ganancia del E.D.
- L = Pérdidas implementadas por el sistema.

²¹ Propiedad que caracteriza a cualquier técnica de espectro disperso y que da pie a la intervención de la multiplexación por división de código (CDMA). De esta manera esta propiedad es considerada como una de las más atractivas y elementales en las técnicas de Spread Spectrum.

Recordando que $G_{\theta} = (B/I)_{\theta} / (B/I)_{\theta_0}$ y designando de un punto de radiación: θ_0 como el punto de radiación de referencia a la potencia del ejemplo θ_0

$$I_{\theta_0} = M \cdot I_{\theta_0} \cdot G_{\theta_0}$$

donde cada cantidad es mayor que la correspondiente a la potencia base.

Desafortunadamente la cantidad I_{θ_0} no puede ser determinada directamente por el método posible de usarlos. La interpretación de esta ecuación es que en un punto de radiación θ_0 se debe tener un nivel de potencia base I_{θ_0} para que el sistema de radiación θ_0 sea capaz de radiar con el nivel de potencia I_{θ_0} . En consecuencia, el nivel de potencia base I_{θ_0} debe ser el nivel de potencia base.

$$I_{\theta_0} = M \cdot I_{\theta_0} \cdot G_{\theta_0}$$

El nivel de potencia base I_{θ_0} es la potencia base que se debe tener en un punto de radiación θ_0 para que el sistema de radiación θ_0 sea capaz de radiar con el nivel de potencia I_{θ_0} . En consecuencia, el nivel de potencia base I_{θ_0} debe ser el nivel de potencia base.

El nivel de potencia base I_{θ_0} es la potencia base que se debe tener en un punto de radiación θ_0 para que el sistema de radiación θ_0 sea capaz de radiar con el nivel de potencia I_{θ_0} . En consecuencia, el nivel de potencia base I_{θ_0} debe ser el nivel de potencia base.

Recordando que $G_p = (S/I)_{\text{min}} / (S/I)_{\text{est}}$ y después de un poco de aritmética, se puede demostrar que la interferencia tolerable a la entrada del receptor es:

$$I_{\text{ent,max}} = M + I + S \text{ (dB)} \quad \text{-- (V.2)}$$

donde cada cantidad en mayúsculas está en decibeles referidos a un nivel de potencia base.

Desafortunadamente la ecuación (V.2) no ofrece información acerca del número posible de usuarios, la interferencia que se muestra en la ecuación podría provenir de un nivel dado de 1000 señales con una potencia determinada, o de 100 señales con 10 veces ese nivel de potencia, o bien de 10 señales con 100 veces el nivel de potencia. En general, podemos observar que del problema bien podemos plantear el siguiente modelo:

$$10 \log \sum i_n = I_{\text{ent,max}} \text{ (dB)} \quad \text{-- (V.3)}$$

donde i_n es la contribución de interferencia en watts de cada uno de los "n" usuarios. Para cualquier situación, habrá alguna distribución gaussiana o cualquier otra distribución estática para i_n , el hecho es que del problema debemos encontrar el valor "n" el cual da a conocer el número de usuarios permitidos, de manera que la contribución de la interferencia de los "n" usuarios suma poco más del valor $I_{\text{ent,max}}$. Como ya se mencionó, para estudios analíticos, la distribución de i_n , se puede asumir como una distribución gaussiana o de cualquier otro tipo de distribución estática la cual aproxime la situación que está siendo analizada y, después de una apropiada evaluación de la distribución acumulativa de valores, se pueda encontrar "n" por medio de la distribución de interferencia asumida. Como un ejemplo, si usamos una distribución que matemáticamente sea conveniente, pero poco probable, de manera que la misma cantidad de interferencia sea producida en cada receptor por cada usuario transmisor, podríamos decir que: $i_n = c$, entonces,

$$10 \log \sum i_n = 10 \log nc = I_{\text{ent,max}} \quad \text{-- (V.4)}$$

Debido a que para la distribución de interferencia asumida el valor de "c" debe de ser el mismo que el de la señal deseada:

$$10 \log n = M + L = C_n - (S/I)_{\text{est}} \quad \text{-- (V.5)}$$

De este modo, si fuésemos a considerar un sistema con un ancho de banda de la información de 3 KHz, un código de expansión con una tasa de 1.5 Mbits/s (ancho de banda de RF de 3 MHz), considerando una $G_p=30$ dB y $(S/I)_{\min}=10$ dB requerido, entonces:

$$10 \log n = 30 - 10 = 20 \quad \text{-- (V.6)}$$

por lo tanto

$$n = 100 \text{ usuarios}$$

Debido a que pueda haber 1000 canales de 3 KHz en un ancho de banda de 3 MHz esto podría significar una pobre eficiencia en el uso del espectro. En una asignación del tipo convencional de un único canal para un único usuario, puede haber disponible un porcentaje mucho mayor de 1000 canales para los usuarios.

Del análisis de este ejemplo se obtiene que en los ciclos de trabajo bajos los sistemas de banda angosta desaprovechan el espectro ya que la mayoría de los canales asignados en la banda están inoperantes, mientras que en los ciclos de trabajo altos, estos sistemas resultan de mejor provecho, y esto obviamente permite dar un mejor sentido a la asignación de métodos de división de frecuencia convencionales, tales como la radiodifusión.

De manera inversa, para tasas bajas de operaciones los sistemas con anchos de banda amplios, generalmente resultan ser más eficientes.

Con el siguiente modelo se puede observar que, en la medida que aumenta el número de usuarios en la operación de una banda congestionada, de manera inversa disminuye la relación (S/N) , de esta manera se puede afirmar que los sistemas de banda ancha muestran mayor superioridad sobre los sistemas de banda angosta, tanto como disminuye el ciclo de operación.

$$C_B = C_N [1/\alpha (S/N)_{\min}] \quad \text{-- (V.7)}$$

Donde:

α = Fracción promedio del tiempo en que cada estación está actualmente transmitiendo.

(S/N) = Relación de señal ruido mínima favorable anticipada en el sistema de banda angosta.

C_B, C_N = Capacidad del canal por circuito en banda ancha y banda angosta respectivamente.

Por otra parte, también se ha demostrado que para operaciones, en las que un número determinado de estaciones se les debe permitir transmitir en un tiempo determinado, y donde además cada estación transmite únicamente una fracción del tiempo total, los sistemas de banda amplia ofrecen mucho mayor capacidad en la comunicación y en la utilización del espectro que los sistemas de banda angosta, ya que todos los canales están disponibles a todos los usuarios.

SCS Telecom Inc., Port Washington, N.Y.	PCN a Telemetría	185-1890 MHz SD 902-920 MHz SD y FH
G Nentl Communications Inc.(DCL), Princeton, N.J.	LAN- Sistema de comunicaciones flexible computadoras personales.	902-928 MHz SD
Millicom Inc. New York City	PCN a	1.85-1.99 GHz SD
Qualcomm Inc. San Diego, Calif.	OmniTRACKS-Mensaje móvil de dos trayectorias y posicionamiento de sitio para transportación industrial CDMA-Comunicación Celular Móvil en desarrollo con FastT	14 y 12 GHz Híbrido SD y FH 850-900 MHz SD
Contel ASC, Rockville, Md.	Radiodifusora de datos EQUATORIAL C/K-100 para distribución de datos por satélite*	8 y 4 GHz, 12 y 10 GHz Secuencia Pseudoletroria
Telesystems SLW Inc., Toronto	Arián 100 family for asynchronous RDSB Red de Area Local inalámbrica (LAN)*	902-928 MHz SD
Agilis Corp., Mountain View, Calif.	DICSP Paquete de radiocomunicaciones para Uso en LAN a inalámbricas	902-928 MHz SD
Asenna Corp., New Orleans, La.	Life unit systems Inc.-sistemas comerciales de seguridad*	923 MHz SD

Abreviaciones:
SD = Acceso Múltiple por División de código
FH = Frecuencia
FH = Salto de Frecuencia
LAN = Red de Área Local
PCN = Red de Comunicaciones personales
* certificado ante la FCC

FIGURA V.4 Muestra de algunas firmas americanas que desarrollan equipos y/o sistemas con las técnicas de espectro disperso.

V.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE CODIGO CDMA.

La técnica de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) surge de la combinación de los sistemas básicos de multiplexaje, en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia, es decir, combina la división en múltiplos por división de frecuencia y por división del tiempo, con esto se genera un plano tiempo-frecuencia, en donde la transmisión de cada estación terrena se separada por una transformación codificada, utilizando esta técnica se multiplica la cantidad de accesos y se logra una concentración de datos aún mayor que las técnicas que la componen, además, el número de estaciones terrenas pueden operar simultáneamente en la misma banda de frecuencia. La codificación es ortogonal por lo que se puede codificar fácilmente.

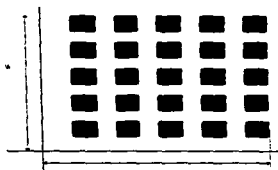
En la evolucionaria filosofía histórica del espectro disperso se han desarrollado herramientas que singularizan más la misma tecnología, tales herramientas son: los filtros de frecuencias más selectivos, los micro-circuitos de estado sólido, la decisión la miniaturización de los dispositivos electrónicos, las técnicas de digitalización más sofisticadas, las técnicas de codificación, las técnicas de multiplexaje etc., que permiten dar aplicación práctica y directa a estos sistemas en diferentes áreas, y por consiguiente, con justificada razón, se ha buscado un lugar en el espectro radioeléctrico para poder realizar una apropiada asignación y de esta manera lograr una verdadera compartición de frecuencias.

Corresponde analizar ahora precisamente a una técnica de multiplexaje que nace como producto de los sistemas con codificación digital. Esta técnica se denomina "Técnica de Acceso Múltiple por División de Código" <CDMA>.

Este tipo de acceso múltiple se utiliza mucho en los sistemas militares de los Estados Unidos.

A la técnica CDMA también se le conoce como Acceso Múltiple por Espectro Disperso « SSMA » (Spread Spectrum Multiple Access). La función de la codificación en estos sistemas es la de permitir un acceso aleatorio y establecer la conexión, aplicándose a sistemas móviles por satélite.

En la tabla V.1 se presentan las características de diferentes sistemas de acceso múltiple para comunicaciones por satélite



DIVISIÓN DE ESPACIO
MÚLTIPLE
ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE
CÓDIGO.

Satélite	FDMA	TDMA	CDMA (SSMA)
Potencia del satélite	$\sum P_n > P$	P	$E P$
Anchura de banda de la señal	$W_n = W$	$W_n = W$	$W_n = W$
Señal de sincronización	No es necesaria	Necesaria para la señal portadora	Necesaria para la codificación
Eficiencia del circuito	Disminuye con el aumento de N	Disminuye debido al incremento de N pero es insignificante	Proporcional a N con el incremento de S/N
Tiempo de la señal	$T_n = T$	$\sum T_n = T$	$T_n = T$

Tabla V.1 Comparación de las diferentes características de los sistemas de acceso múltiple.

La aplicación práctica de CDMA se centra en las transmisiones de banda ancha, que para este caso nos referimos a las transmisiones de espectro disperso, en donde cada señal tiene su propia y única secuencia binaria (o también llamado, código secuencial de identificación), que permite a todas las señales compartir el mismo espectro de frecuencias.

La manera de trabajar en un sistema CDMA, consiste en asignar a cada usuario un código de identificación diferente de cualquier otro. Por ejemplo, si por una parte tenemos "n" usuarios, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, a los cuales se les asigna respectivamente su código secuencial de identificación $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$, y por

otra parte tenemos una antena receptora, ésta va a recibir toda la energía enviada por todos los usuarios. Sin embargo, por medio del código C, únicamente va a recibir y atender la señal del usuario 1 junto con una pequeña fracción de la energía enviada por los demás usuarios. Esta técnica ha sido utilizada en comunicaciones militares vía satélite, y actualmente en diversas redes comerciales satelitales y en estaciones terminales de apertura muy pequeña (Very Small Aperture Terminals <VSAT>), como Qualcomm's OMBITRAK y el sistema Ecuatorial.

En un sistema CDMA la interferencia es limitada, es decir, el número de usuarios que comparten el mismo espectro con un buen funcionamiento de sus subsistemas es determinado por el nivel total de interferencia que generan en el receptor y que es causada por todos. Sin embargo existe un problema conocido como "near-far" el cual se origina de los transmisores CDMA que se encuentran cerca del receptor y que generan una interferencia abrumadora o de saturación. Este problema se resuelve en el momento en que es posible controlar la potencia individual de cada usuario, de modo que la potencia recibida es siempre la misma.

V.3 CDMA PARA LA COMUNICACIÓN MICRO-CELULAR MOVIL.



FIGURA V.3. Arreglo de un sistema celular compuesto por una banda de siete frecuencias.

Los sistemas móviles celulares más comunes emplean la banda de frecuencias de 868 a 894 MHz para la transmisión del usuario móvil a la célula y la banda de frecuencias de 823 a 849 MHz para la transmisión de la célula al usuario móvil. Cada una de estas bandas ha sido dividida en dos partes para permitir que dos sistemas competitivos puedan operar simultáneamente. De este modo cada sistema tiene 12.5 MHz disponibles para la transmisión y 12.5 MHz para la recepción. A la vez cada banda de 12.5 MHz está dividida en sub-bandas de 30 KHz. para comunicaciones de voz.

La figura V.3 muestra un sistema celular de siete frecuencias diferentes, en donde un usuario móvil, que se encuentre presente cerca de la frontera de la célula B, y que sea servido por la célula adyacente A, puede producir interferencia a otro usuario móvil que es servido por la célula B y que también se encuentre cerca de la misma frontera, para evitar que los usuarios se provoquen interferencia mutua porque ambos son servidos por las células A y B, con niveles de potencia comparables, a cada célula se le asigna diferente banda de frecuencia de operación. En el diagrama de esta figura se presenta un sistema de 7 frecuencias, cada una con un ancho de banda $B = 12.5 \text{ MHz} / 7 = 1.8 \text{ MHz}$. Empleando esta asignación de frecuencia, las células adyacentes en diferentes bandas de frecuencia por consecuencia la interferencia entre usuarios de células adyacentes no presenta un problema más. Esta técnica es conocida como reuso de frecuencias, y como una respuesta de este sistema, no puede haber más de $N = 1.8\text{MHz} / 30\text{KHz} = 60$ usuarios por cada célula. Algunos de estos canales son reservados para señalización, permitiendo aproximadamente 55 usuarios por célula.

El mantenimiento de un sistema móvil celular es completamente costoso, por esta razón se ha buscado aumentar significativamente su aprovechamiento, incrementando el número de usuarios por célula. La forma en que se logró esto fue recurrir al desuso de la transmisión analógica FM, la cual continua siendo empleada hoy en día en menor grado, y en su lugar emplear la comunicación digital con la técnica TDMA. Una forma de onda TDMA es mostrada en la figura V.4. En este sistema, la célula prueba secuencialmente todos los usuarios K, cada uno de los cuáles emplea la misma banda 30 KHz, pero en diferentes instantes. Usando este sistema, el número de células no aumenta, pero desde que hay K usuarios por canal de 30 KHz., el número total de usuarios por célula a aumentado por un factor de K. Para estimar el factor K, se puede observar que la voz puede ser convertida de una señal analógica a una señal digital con una cantidad de 8,500 b/s sin una degradación notable de la calidad en la señal, o también se puede cambiar a una señal digital pero con una cantidad de 2,400 b/s con una degradación un poco más notable. Por ejemplo, usando una tasa de 2,400 b/s y una técnica de modulación digital como lo es la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), cada señal digital de voz requiere un ancho de banda de sólo 2,400 Hz. Por lo tanto, puede haber aproximadamente $k = 30 \text{ KHz} / 2.4 \text{ kb/s}$ lo que equivale a 12 usuarios por cada canal de 30 KHz. De este modo, existe un número potencial de usuarios por célula que es; 12 usuarios por cada canal que multiplicados por 55 canales por cada célula equivaldría a 660 usuarios por célula. Los planes más comunes que se tenían eran obtener K = 3 usuarios por cada canal (es decir 175 usuarios por célula), en el año 1991 empleándose una tasa de 8,500 b/s. Para el futuro se planean seis usuarios por canal (es decir, 350 usuarios por célula).



FIGURA V.4. Forma de onda TDMA.

Empleando la técnica del espectro disperso en CDMA* (Acceso Multiple por Diferenciación de Código) puede lograrse un significativo incremento en el número de usuarios por célula, en comparación con la técnica TDMA. En el sistema CDMA, a cada señal se le asigna un código único diferente. De este modo, los usuarios móviles en células adyacentes usan el mismo ancho de banda y por consiguiente comparten también la misma interferencia, haciendo aparecer a cualquier señal deseada recibida un poco ruidosa, tanto como el número de usuarios servidos por una célula, aumenta. Como ya se ha discutido anteriormente cada señal indeseada de cualquier usuario genera un poco de energía interferente cuya magnitud depende del proceso de ganancia. Puesto que el aumento del factor de interferencia no es severo, no se necesita emplear el reuso de la frecuencia. De este modo, cada célula de K.D. puede usar una banda completa de 12.5 MHz. para la transmisión y otra banda completa de 12.5 MHz. para la recepción.

El número total de usuarios, M, que simultáneamente pueden tener acceso a una célula es estimado por la siguiente ecuación:

$$3N / M = 8 \text{ -- (V.8)}$$

En esta ecuación, la relación de la potencia de la señal a la potencia del ruido térmico en el receptor se ha considerado grande, por ejemplo, $E/N_0 = 10$ dB. M representa la Ganancia de procesamiento del sistema E.D.. En el momento en que se emplean los 12.5 MHz de ancho de banda completamente, la tasa de la secuencia expansora es de 12.5 Mb/s, y considerando como antes, que la voz puede digitalizarse a $f_s = 2,400$ b/s, tenemos que $M = f_s/f_n = 5,000$ (37 dB). resolviendo la ecuación V.10 obtenemos que $M = 1,900$.

Desafortunadamente, no todos de los 1,900 usuarios están localizados dentro de la célula. En realidad, como ya se había expresado, aproximadamente el 50% de la interferencia proviene de las células adyacentes. De este modo el número de usuarios U_i , en la célula deseada es aproximadamente

$$U_i = M/1.5 = 1,270 \text{ -- (V.9)}$$

V.3.1 FACTOR DE ACTIVIDAD DE VOZ.

El número M , que se encontró anteriormente, se refiere al número de usuarios simultáneamente hablando. Se ha encontrado que si, por decir, 100 personas están hablando, cada una de ellas habla casi la mitad del tiempo, por lo tanto vendría siendo $M = 50$ personas que se encuentran hablando simultáneamente. Esto es a lo que se le llama "factor de actividad de voz" que para este caso sería $p = 1/2$.

Para el caso que se está analizando, si $U_i = 1,270$, no más que $U_i/p=2U_i=2,540$ usuarios pueden ser simultáneamente servidos. Existe una técnica llamada Interpolación digital de señales de voz (Digital Speech Interpolation « DSI ») usado en los sistemas de comunicaciones de satélite, la cual senza la falta de señales de voz durante un período de silencio y da el canal de voz a alguien que se encuentre hablando. Cuando la señal de voz cesa nuevamente, el impulso inicial de la señal es sensed y un nuevo canal le es asignado al usuario. DSI es empleado en las comunicaciones vía satélite para incrementar la eficiencia en la utilización del canal, en el momento en que duplica el número de usuarios que pueden ser simultáneamente servidos. El principio DSI es también usado en la técnica CDMA.

V.3.2 Número de usuarios por célula en CDMA.

El número final U de usuarios por célula se obtiene con el siguiente modelo:

$$U = M/p(1+\lambda),$$

Donde p es el factor de actividad de voz y λ es el factor de aumento de interferencia. Para $p=\lambda=0.5$, $U=2,500$ usuarios por célula, lo cual significa un gran aumento comparado al valor máximo de 660 usuarios por célula obtenidos para TDMA.

Proyecto de Especificaciones Técnicas de Sistemas de Radiomóvil, en los que empleen las Técnicas de Espectro Digital y Aplicaciones y Tendencias del Máximo

Actualmente en México las dos compañías que ofrecen al servicio de radiomóvil celular ya están emigrando a TDMA. Ninguna ofrece servicios de radiomóvil totalmente digitalizado, pero ambas tienen sistemas TDMA para servicios futuros, se espera que para 1997 y 1998 se totalice el cambio.

El 28 de septiembre de 1995 se dio a conocer a la opinión pública que la compañía MOTOROLA ya instaló el primer sistema de telefonía celular digital en el estado C.D.M.X. en Hoyo Ancho. Este sistema de C.D.M.X. es un sistema digitalizado de tecnología digital que emplea técnicas digitales para el acceso al canal y frecuencias de R.F. separadas. Como ya se ha mencionado en las especificaciones del R.F. anteriormente, esto permite un uso más eficiente del espectro y permite tener mejores canales en la ciudad de los alrededores de México, así como una mayor capacidad de canales. El sistema digitalizado de Motorola se implementó en los canales a la red C.D.M.X. entre 1994 y 1995.

7.4 R.F. DE OPERACIONES VIGILADAS

En la primavera de 1994, el presidente de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (CFT) anunció que la CFT y el Poder Judicial de la Federación (PJF) habían acordado que el espectro de radiofrecuencia de México se dividiera en tres partes: una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México, una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México y una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México.

En la primavera de 1994, el presidente de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (CFT) anunció que la CFT y el Poder Judicial de la Federación (PJF) habían acordado que el espectro de radiofrecuencia de México se dividiera en tres partes: una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México, una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México y una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México.

En la primavera de 1994, el presidente de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (CFT) anunció que la CFT y el Poder Judicial de la Federación (PJF) habían acordado que el espectro de radiofrecuencia de México se dividiera en tres partes: una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México, una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México y una para el uso de las frecuencias de radiofrecuencia de México.

Actualmente en México las dos compañías que ofrecen el servicio de telefonía celular ya están emigrando a TDMA. Ninguna ofrece comercialmente el servicio totalmente digitalizado, pero ambas tienen radiobases TDMA para pruebas internas, se espera que para 1997 y 1998 se totalice el cambio.

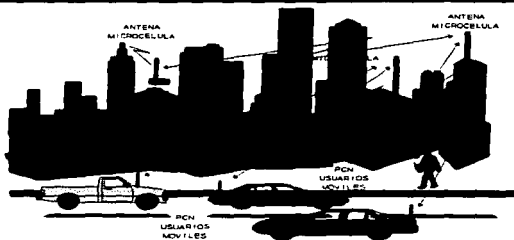
El 28 de septiembre de 1995 se dió a conocer a la opinión pública que la compañía MOTOROLA ya instaló el primer sistema de telefonía celular digital comercial C.D.M.A. en Hong Kong. Este sistema de C.D.M.A. es una segunda generación de tecnología digital que emplea códigos digitales únicos, en lugar de canales y frecuencias de F. separadas. Como ya se ha mencionado en las características del E.D. anteriormente, esto permite un uso más eficiente del espectro y sobre todo mejoras notables en la calidad de las llamadas comparado con los sistemas analógicos convencionales. El sistema inicialmente permitirá la migración de los usuarios a la red C.D.M.A. entre 1996 y 1997.

V.4 RED DE COMUNICACIONES PERSONALES.

En la primavera de 1990, el gobierno británico otorgó tres licencias a consorcios para operar redes de comunicaciones personales (Personal Communications Networks < PCN's >). Los consorcios eran: Cable and Wireless plc, quien hizo equipo con Motorola y Telefónica de España, Society of Telecommunications Consultants (STC) plc, quien a la vez se unió con U.S. West, EMI plc y Deutsche Bundespost Telekom, y British Aerospace, esta última se unió con Millicom, Pacific Telesis, Matra S.A. de Francia, y Sony Corporation. Como se puede observar del nombre de estas corporaciones, gran parte del mundo se envolvió en PCN.

Con el simple hecho de que PCN sea completamente inalámbrica, tiene la capacidad de acceder al sistema telefónico alambrado, con esto se espera que compita con el sistema móvil celular (el cual también se conecta al sistema telefónico alambrado), con los sistemas localizadores de personas (paging) y los teléfonos portátiles. De este modo, PCN se convierte en una alternativa inalámbrica a las redes locales existentes. En el Reino Unido PCN emplea TDMA, y se ha comprobado que su costo es mucho menor que el sistema móvil celular existente.

En lo que respecta a la tecnología de Espectro Disperso (C.D.M.A.), la compañía U.S. Millicom, hizo una alianza con EC Mobilecom y Northern Telecom para realizar pruebas de campo de un sistema PCN usando la técnica de secuencia directa C.D.M.A.. En esta aplicación la banda seleccionada es 1.850-1.990 MHz, una banda que es escasamente usada ahora para transmisiones de microondas. De esta manera, las pruebas de campo están encaminadas a verificar que el E.D. pueda compartir la misma banda con los usuarios existentes. Estas pruebas también pueden proveer importantes cifras cuantitativas tales como cuantos usuarios C.D.M.A. pueden operar en la vecindad de un receptor de microondas sin degradar la señal del usuario de microondas, y a su vez también, cuantos usuarios C.D.M.A. pueden operar en la vecindad de un transmisor de microondas antes de que las señales de los usuarios C.D.M.A. sea degradada. El sistema PCN previsto se muestra en la figura siguiente, se puede observar que todos los usuarios serán conectados a células de baja capacidad llamadas "microcélulas" que son orientadas para operar con aproximadamente 50 usuarios simultáneamente. Por el hecho de que las células son espaciadas a cortas distancias una de otra, la potencia transmitida por cada usuario a la célula puede ser muy pequeña, típicamente de 1 mW, de esta manera se reduce la interferencia hacia otro usuario de microondas existente.



Arquitectura Geográfica de un sistema propuesto.

V.5 CAPACIDAD DE CDMA PCN PARA COMPARTIR EL ESPECTRO.

Uno de los aspectos más interesantes del uso de SD CDMA para las transmisiones radiocalculares es la posibilidad de incorporar la red de radio de SD CDMA PCN en la parte más alta de la banda de frecuencias de interés, la cual ya está ocupada. Es decir, no es necesario dedicar una banda específica de frecuencias a los usuarios de banda ancha que está completamente exenta de otros usuarios. Si la banda de frecuencias está parcialmente ocupada por varios usuarios de banda angosta, es posible superponer las señales SD CDMA en la misma banda de manera que todos puedan coexistir.

V.6 REDES INALÁMBRICAS LAN.

Surgieron como una opción para la fuerza trabajadora móvil (de áreas reducidas). Con un adaptador inalámbrico para redes LAN y un punto de acceso se puede permanecer en una oficina y estar conectado a una red, sin estar atado al escritorio.

Obviamente la radiofrecuencia (específicamente las técnicas de espectro disperso) no son la única tecnología inalámbrica disponible. Pero en aplicaciones específicas sus atributos inherentes la convierten en la opción más acertada sobre las tradicionales microondas o las tecnologías Ópticas, tales como, las transmisiones Laser o infrarrojas, particularmente en medios hostiles donde los alambres no pueden llegar. En el caso de la radiofrecuencia se han implementado las tecnologías de espectro disperso mediante las dos técnicas más comerciales. RangeLAN2 de la compañía Proxim y Netewe de Xircom usan salto de frecuencia, y WaveLAN de AT&T y AirLAN de Solcite emplean Secuencia Directa

Estas tecnologías de radiofrecuencia ofrecen un funcionamiento aceptable para algunas aplicaciones características aunque en lo que respecta a la velocidad todavía son muy lentas comparadas con las velocidades que ofrecen las redes alambradas.

Son cuatro compañías las que principalmente se han dedicado al desarrollo de este tipo de inalámbricas. AT&T, Proxis, Solcetek y Xircom ofrecen adaptadores inalámbricos PCMCIA los cuales engranan perfectamente al grupo de herramientas de trabajo de la PC.

La segunda parte de la solución de las redes inalámbricas la constituyen los puntos de acceso, el cual es un dispositivo que establece la conexión entre los adaptadores inalámbricos y la parte alambrada de la red LAN. Estos dispositivos permiten tener un radio, en el mejor de los casos de hasta 300 metros aproximadamente.

Los desarrollos más recientes en redes LAN y WAN (con espectro disperso) se han venido dando a través de la integración de la radio con un puente Ethernet de funciones completas. Se está comercializando una amplia gama de productos de este orden en respuesta a la norma de 1985 parte 15 de la FCC.

V.7 ESTACIONES TERMINALES DE APERTURA MUY PEQUEÑA.

Las técnicas de E.D. fueron lugar en redes de comunicación de datos comerciales en el momento en que fueron introducidas por EQUATORIAL en el año de 1981; ya que se han tomado como particularmente apropiadas para comunicaciones vía satélite a pequeñas estaciones terrenas debido a sus características ya mencionadas de su confiabilidad en presencia de fuertes señales interferentes.

En aplicaciones de comunicación vía satélite con estaciones pequeñas terrenas, las redes son limitadas por la disponibilidad de la potencia del satélite antes que por la disponibilidad del ancho de banda. Por consiguiente no resulta un costo adicional el ensanchamiento de la señal sobre un gran ancho de banda, que de otra manera seguiría sin utilizarse.

Con el pequeño diámetro de la antena receptora en las estaciones terrenas pequeñas es posible una buena recepción de datos a través de las técnicas en cuestión. Una estación terrena con dos pies de diámetro y con una frecuencia de 4 GHz tiene esta potencia con un ancho de haz de 9 grados por lo tanto, con satélites espaciados 4 grados, como están actualmente, o espaciados a dos grados, como la FCC propuso recientemente, empleando las técnicas de modulación convencional en una pequeña estación terrena, es susceptible a interferencia de múltiples satélites así como de microondas terrestres.

Una vez más aprovechando la propiedad de rechazo a la interferencia del E.D. en las pequeñas estaciones terrenas EQUATORIAL coexistir con microondas terrestres en el ambiente urbano, y permite operar no sólo con el espacio actual del satélite, sino también con los espacios angostos propuestos en el satélite.

V.8 TENDENCIAS FUTURAS.

Cada día son más los equipos de los sistemas que se suman a la lista de los que emigran a la transmisión de la información a través de la R.F. debido a las bondades que esto brinda sobre otros medios de transmisión. Pero también existe una buena cantidad de sistemas de R.F. cuya tendencia es la transmisión en banda ancha.

V.8.1 UN SISTEMA DE RESPALDO A LA RED ALAMBRADE.

Una red inalámbrica PCM eliminaría totalmente la posibilidad de poder interrumpir el sistema de comunicación alámbrico de cualquier país en el mundo. Bien convendría, para los casos en los que fuese necesario, establecer un sistema de respaldo inalámbrico que permita en una situación adversa contar con un sistema de comunicación confiable en zonas estratégicas de un país.

V.8.2 LA CIUDAD INALAMBICA.

Hace poco más de 20 años, una persona conocida como Peter Goldmark definió un revolucionario concepto conocido como "la ciudad alambrada" que para el caso de una oficina sería "la oficina alambrada". Él pronosticó la interconexión de FAX, computadoras, procesadores, y teleconferencias con un teléfono como una base. Actualmente sus predicciones son una realidad.

Sin embargo, el hecho de alambrear es una limitación fundamental. Todos sabemos que es muy costoso alambrear todo un sistema de comunicaciones para una oficina, y justamente cuando todo está alambrado tal como se requirió, surgen nuevas necesidades de modificar y por lo tanto de realambrear.

En el momento en el que se empleen las técnicas de E.D. se puedan lograr oficinas totalmente inalámbricas con comunicación telefónica portátil directa al Computador Telefónico Privado inalámbrico (PBX), Redes de Area Local inalámbricas y Redes de Servicios Digitales Integrados inalámbricos (ISDN).

Actualmente con la democratización del este de Europa y con el surgimiento y desarrollo de otros países en el mundo, se avicina un aumento en la comunicación telefónica. Los autores creen que el sistema PCM inalámbrico es el apropiado a elegir en estos países.

V.8.3 ESTEREO DIGITAL.

La banda de FM en los Estados Unidos es desde 88-108 MHz. A cada radiodifusora de FM se le asigna un ancho de banda de 200 KHz debido a que la Frecuencia Modulada es extremadamente sensible a la interferencia, se emplea el rehuso de frecuencia y de hecho, se deja de guardar una banda de 400 KHz.

La transmisión de la FM estereofónica se realiza por etapas. Primero, la señal de estereo es precentuada, modulada y llevada a la banda de 23-53 KHz, junto a la señal monaural la cual tiene una banda de 15 KHz. La señal resultante es entonces modulada en frecuencia. Está comprobado que después de ser demodulada, la señal de estereo esta tiene una relación de S/N de 23 db más abajo que la señal monaural.

Como una alternativa, se puede emplear E.D. para mantener una alta relación de S/N para la señal estéreo. Considere tomar la señal monoaural y digitalizarla a 100 Kb/s. Esta señal puede ser entonces expandida a través de toda la banda de FM. La cual es de 20 Mb/s. La señal estéreo puede ser también digitalizada a 100 Kb/s y después expandida, usando un código diferente, a 20 Mb/s. El proceso de ganancia N es:

$$N=20 \text{ Mb/s}/100\text{Kb/s}=200 \text{ -- (V.10)}$$

Desde que un sistema CDMA pueda tener un número de usuarios igual a $0.375 N$, y cada estación de FM aparece como si fueran dos usuarios (la monoaural y el estéreo), el número de estaciones FM en cada región que se puedan usar para transmitir FM estéreo digital es 75. Actualmente el número de estaciones transmitiendo en cada región es mucho menor que 75.

V.8.4 ALARMAS ANTITIROBO/INCENDIOS.

Es más conveniente la instalación de cualquier dispositivo de comunicaciones inalámbrico para aplicaciones que involucren incendios y alarmas antirrobo. A manera de proyecto y como otro concepto más de aplicación esto se podría llevar a cabo en oficinas gubernamentales, en edificios multifamiliares o en cualquier tipo de inmueble que lo requiera. La idea es que las alarmas inalámbricas puedan transmitir a un transceptor central operando a una potencia muy baja y empleando baterías recargables; el transceptor central puede ser usado para transmitir la señal de alarma a la policía local o a la estación de bomberos más cercana. Por otra parte, considerando que cada señal de alarma puede tener un código de identificación diferente es posible que el mismo dispositivo que emite la señal de advertencia, sirva como un detector del lugar donde se encuentra la fuente del problema.

V.8.5 LAS COMUNICACIONES EN LA BOLSA DE VALORES.

Actualmente, la mayoría de las comunicaciones en la bolsa de valores se realizan a través de señales de mano, y en pocos casos emplean algún tipo de radiocomunicación, sin embargo, dada la importancia de la velocidad en las comunicaciones y sobretodo la flexibilidad para permitir el mayor número de usuarios para la compartición del sistema se hace factible el empleo de E.D. CDMA.

Para esta situación, si usamos voz digital codificada con una velocidad de 2,400 b/s. y un proceso de ganancia $N=10,000$, el ancho de banda requerido será de 48 MHz. Con ayuda de la ecuación empleada en el tema V.3.2, si $P=1/2$ y $k=0$, el número máximo de usuarios U es aproximadamente igual a 0.75 N . De este modo, 7,500 negociantes serían comunicados con su cambiata completamente en privado.

V.5.6 RADARES DE POLICIA/RADIOS.

Actualmente los radares detectores están disponibles desde muchas compañías. El principio básico de cada uno de estos dispositivos es, sin embargo, el mismo. Desde que la banda del radar es bien conocida solamente detecta un incremento de energía de aquellas bandas donde un radar está presente. Sin embargo, un radar con espectro disperso, ya sea secuencia directa o salto de frecuencia, tendría su energía dispersa sobre una banda amplia y no fácilmente detectable por un radar detector común. De hecho, para detectar una señal de este tipo se requiere la construcción de un detector inteligente conocido como un receptor de medición de señal electrónico (ELECTRONIC SIGNAL MEASUREMENT «ESM»). Este receptor está diseñado específicamente para las señales del espectro disperso y además de ser de uso militar es demasiado costoso.

Para ilustrar el principio de operación de un receptor ESM, considerese que se necesita detectar una señal de secuencia directa, considerando que la señal consiste de un código de secuencia pseudoaleatoria de +1's y -1's, el receptor ESM hace cuadrada la señal.

V.5.7 TELEFONOS INALÁBRICOS Y MODEMS.

Actualmente se comercializan una gran diversidad de teléfonos inalámbricos. Esta nueva generación de teléfonos superan los ya existentes con las características que les da la tecnología en estudio. Entre las características más deseables que ofrece esta línea de teléfonos están las siguientes:

- * 900 MHz. Un rango más extendido de frecuencias; mayor al que ofrecen los inalámbricos ordinarios de 46/49 MHz existentes.
- * Comunicación completamente privada a través de múltiples canales telefónicos.
- * Comunicación libre de interferencia y de problemas de seguridad.
- * Sistema reductor de ruido integrado para una mayor calidad en audio.
- * Marcación por tonos o por pulsos para tener compatibilidad con cualquier sistema telefónico disponible.

También se están homologando, en México, modems inalámbricos para conexiones punto a punto.

Entre sus características más sobresalientes están:

- * Conexión inalámbrica para el envío de voz, datos o imágenes.
 - * Puede soportar en modo síncrono más de 256 kb/s, y en modo asíncrono 38.4 kb/s, o voz analógica.
-

- Puede operar a una distancia de 48 km.
- Emplea Modulación digital con tecnología Spread Spectrum para hacer la comunicación inmune a la interferencia.
- No requieren licencia de operación.

Como todas estas aplicaciones se pueden mencionar otras más debido a que día con día atrae más la atención esta forma de transmisión en banda ancha. Actualmente, los fabricantes de sistemas inalámbricos ya sea que estén orientados en voz o datos, están involucrandose en aplicaciones del espectro disperso. Todo esto evidentemente está en función de la evolución que va teniendo la transmisión en R.F. en lo que se refiere a las técnicas del procesamiento de la señal.

HOJA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

CONCLUSIONES

La filosofía de las asignaciones y de la distribución del espectro que ha existido durante muchos años, ha sido la compartición de la inherente capacidad del espectro radioeléctrico entre los usuarios a través de la división de la frecuencia. De igual manera como el número de los usuarios ha aumentado, se han encontrado más métodos para reducir el ancho de banda necesario en las transmisiones de manera que nuevos usuarios pudieran ser acomodados en el espectro; y mientras la población de usuarios continue aumentando, nos podemos preguntar si la distribución por división de frecuencia puede continuar siendo la única manera de distribuir el espectro.

No es fácil conseguir frecuencias de operación de equipos de radiocomunicación sobre todo en las bandas U.H.F. y V.H.F.. Estas necesidades crecientes se extienden actualmente al turismo, a la seguridad y como bien ya se ha mencionado al desarrollo económico de cualquier país.

Para el problema de la saturación del espectro ya se han tomado varias y diferentes alternativas entre las cuales podemos mencionar:

- Un medio variante de compartición de frecuencias, optimizando el número de usuarios (sistemas con portadora común, mejor conocidos como sistemas trunking).

- Introducción de canales con asignaciones a la mitad de la canalización normal para introducir nuevos servicios (usuarios). Es decir, sistemas que operan con 12.5 khr. de espaciamiento de canales.

- Compartición de las frecuencias que ya antes han sido asignadas.

y entre otros, se encuentra:

- Gracias al uso de códigos binarios de secuencias diferentes se pueden operar varios sistemas de espectro disperso, independientemente uno del otro, dentro de la misma banda

Esta última ha sido la de mayor interés de estudio. Día con día va ganando terreno en los diferentes sentidos que tiene la comunicación y a demostrado en diferentes y variadas situaciones mayores ventajas sobre las alternativas antes mencionadas.

Tal parece que la filosofía histórica de la distribución del espectro ha estado basada en el modo en el que el arte de la radio se ha desarrollado²², más que en algún principio físico fundamental. Hay otras maneras en las que la capacidad de comunicación del espectro puede ser compartida. La división por frecuencia representa actualmente una alternativa muy pobre para tantos usuarios y para tal cantidad de aplicaciones que se han desarrollado, si el mejoramiento enfocado a la maximización de la capacidad de la comunicación en un segmento dado del espectro es el objetivo principal. La aplicación de los principios del Espectro Disperso es otra alternativa que se ajusta más a las necesidades actuales, y el hecho de que representa otra alternativa, esta también, no es más que el resultado de la manera en la que ha evolucionado la radio. Si la invención de los micro-circuitos de estado sólido, las técnicas digitales, la teoría de la codificación, y otras capacidades de hardware y software no existiesen en su nivel hasta ahora alcanzado, cualquier sugerencia de emplear los principios del Espectro Disperso carecería de sentido; pero debido a que estos avances se han logrado y sobretodo han tenido un fuerte impacto, además de la creciente demanda en las comunicaciones, es menester que la comunidad de las comunicaciones reexamine los métodos de compartición del espectro y determine desde el punto de vista de capacidades si la modificación de los métodos presentes no es necesario y deseable, ya que debemos recordar que los beneficios de las comunicaciones a la sociedad mundial son para ser aumentados o en el peor de los casos para ser mantenidos.

²² En particular, el filtro de frecuencia selectivo.

Las aplicaciones prácticas comerciales están llegando a ser mejor entendidas y por esta razón están jugando un papel crítico en aquellos sistemas que dependen de la tecnología inalámbrica.

HOJA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS.

A

Acceso Múltiple.- Técnica que permite que cierto número de terminales compartan la capacidad de transmisión de un enlace en forma predefinida, o conforme a la demanda del tráfico. Es la posibilidad proporcionada a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras al mismo transpondedor del satélite.

Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).- Técnica digital de acceso múltiple donde cada señal tiene su propia y única secuencia binaria y en donde todas las señales comparten el mismo espectro de frecuencias. Método que permite introducir o enviar señales de diferente información en un mismo tiempo, coordinado por los valores binarios. En este modo de transmisión, se asigna un código característico a cada señal transmitida al satélite. En la recepción, la estación reconoce por su código, entre todas las que recibe, la señal que le está destinada, y extrae la información correspondiente. Dentro de las ventajas que se logran con este tipo de transmisión son la de transmitir simultáneamente y también la de compartir la frecuencia asignada. Se puede decir, que es una combinación de la transmisión simultánea por división de frecuencia y por división de tiempo. Anteriormente fueron empleados únicamente para fines militares actualmente se emplean también comercialmente.

Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).- Método para compartir la capacidad de comunicación de un satélite, mediante la división múltiple de frecuencias, en el que cada estación tiene asignada una frecuencia portadora. Es una de las técnicas de acceso múltiple más comunes en los sistemas de comunicación por satélite, de forma que permite compartir los recursos que proporcionan los satélites mediante la asignación de frecuencias diferentes a las distintas estaciones terrenas. Este sistema se utiliza en la actualidad para las comunicaciones internacionales.

Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA).- Técnica digital de acceso múltiple que permite al satélite recibir las transmisiones de distintas terminales terrenas, entre las que no hay superposición en intervalos separados, y en los que se almacena temporalmente la información.

Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).- Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones especificadas.

Alentorizador.- Dispositivo que convierte una señal digital en una señal digital pseudaleatoria que tiene el mismo significado y la misma velocidad digital.

Amplificador.- Dispositivo destinado a aumentar el valor de tensión, corriente o potencia de las señales a él aplicadas, eleva la amplitud de una señal de entrada a otra amplitud mayor a la salida.

Amplitud.- Desviación o altura máxima que sufre una señal respecto al eje de tiempo, la cual nos indica la medida o valor de la intensidad que toma dicha señal.

Amplitud Modulada (AM).- (Modulación en Amplitud). Método para transmitir información usando una onda de radio como portadora. La frecuencia de la portadora permanece inalterable pero la amplitud varía de acuerdo con la amplitud de la señal de entrada.

Ancho de banda.- Se determina por un solo valor y es independiente de la posición de la banda en el espectro de frecuencias. Prácticamente es un rango de frecuencias ocupado por una señal que transporta información.

Anchura de banda necesaria.- Para una clase de emisión dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

Anchura de banda ocupada.- Anchura de la banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado, $\beta/2$, de la potencia media total de una emisión dada.

En ausencia de especificaciones del CCIR para la clase de emisión considerada, se tomará un valor $\beta/2$ igual a 0.5%.

Ancho de haz de potencia media.- Es el nivel que se forma al obtener los puntos de potencia media del nivel máximo.

Antena.- La antena es la región de transición entre una onda guiada y el espacio libre, y viceversa. Una antena se acopla al receptor o al transmisor por medio de una línea de alimentación que puede ser un cable coaxial o una guía de ondas. La antena transmisora sirve para radiar energía electromagnética. Las ondas así producidas viajan en el medio de propagación y excitan las corrientes internas de la antena receptora. Sólo una parte de la energía que se transmite llega a la antena receptora, el resto es radiada hacia el espacio circundante. El propósito fundamental de una antena transmisora es la de radiar la energía hacia el espacio con una máxima eficiencia con una cantidad mínima de distorsión. El propósito de una antena receptora es la de captar la mayor parte de la energía. Conjunto o sistema de conductores (hilos o varillas) o dispositivo de cualquier clase destinado a la radiación o a la captación de ondas radioeléctricas.

Aplicaciones industriales, científicas y médicas (de la energía radioeléctrica) (ICM).- Aplicación de equipos o de instalaciones destinados a producir y utilizar en un espacio reducido energía radioeléctrica con fines industriales, científicos, médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación.

Armónica.- Magnitudes sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de una cierta frecuencia tomada como fundamental.

Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).- Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

Asignación de canales.- Método de multiplexaje en el que las capacidades de transmisión de información de los canales se establecen de antemano y no en función a la demanda.

Asignación de frecuencias.- Asignación de un ancho de banda o un par de frecuencias para que un equipo pueda transmitir y/o recibir canales de radiofrecuencia.

Atenuación.- Disminución de la amplitud de la señal, pérdida o reducción de la amplitud de una señal al pasar a través de un circuito, debida a resistencias, fugas etc. puede definirse en términos de su efecto sobre el voltaje, intensidad o potencia. Se expresa usualmente en decibelios por unidad de longitud.

Atribución (de una banda de frecuencias).- Inscripción en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.

B

Banda.- Conjunto de las frecuencias comprendidas entre límites determinados y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión. La clasificación adoptada internacionalmente está basada en bandas numeradas que van de la que se ubica de los 0.3 x 10n Hz a 3 x 10n Hz, en la cual n es el número de banda.

Banda ancha.- Forma de modulación en la cual se forman múltiples canales mediante la división del medio de transmisión mediante pequeños segmentos de frecuencia.

Banda de canales.- Banda de frecuencias donde se ubican los diferentes agrupamientos, es decir, para canal telefónico, grupo básico o primario, supergrupo o grupo secundario, etc.

Banda de frecuencia.- Parte del espectro radioeléctrico que es utilizada para una emisión y que puede definirse por dos límites especificados, o por su frecuencia central y la anchura de la banda asociada.

Banda de frecuencias asignada.- Rango de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada; la anchura de esta banda es igual a la anchura de banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia. Cuando se trata de estaciones espaciales, la banda de frecuencias asignada incluye el doble del desplazamiento máximo debido al efecto Doppler, que pueda ocurrir con relación a un punto cualquiera de la superficie de la tierra.

Banda estrecha.- Banda cuya anchura está comprendida entre el 1% de la frecuencia central y un tercio de octava de la misma.

Banda ocupada.- Banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emiten potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado b/2 de la potencia media total de una emisión.

BER.- Véase tasa de bits errados.

BER requerido.- Tasa de bits erróneos permitida para conservar la calidad deseada en un enlace.

Bit.- Unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito. Es representado por la ausencia o presencia de un pulso electrónico (1 ó 0). Es la contracción de las palabras Binary digit.

Bit erróneo.- Bit no conforme con el que hubiera debido recibirse.

Bits de información.- Los bits producidos por la fuente de datos y que no son empleados para protección contra errores, por el sistema de transmisión de datos.

BPSK (Binary Phase Shift Keying).- Véase Modulación por desplazamiento de fase binaria.

Byte.- Grupo de ocho bits de información equivalentes a un carácter, llamado también un octeto.

C

Cable coaxial.- Cable formado por dos conductores concéntricos aislados entre sí; el primero es tubular y lleva en su interior al segundo, sostenido por aisladores y centrado exactamente, de modo que coinciden los ejes longitudinales de ambos conductores.

Cableado.- Conjunto de cables destinados a la distribución de señales o energía eléctrica.

Calibración.- Acción de identificar y medir los errores en los instrumentos y/o en los métodos. La calibración está relacionada con la estabilidad del aparato y por consiguiente, su resultado está en función del tiempo.

Camara anecoica.- Es un recinto diseñado para simular condiciones de espacio libre. Sus objetivos básicamente son dos:

- Por su estructura metálica se puede ver como una jaula de Faraday, la cual evita la firme acción de los campos electromagnéticos externos.
- Por el material absorbente que cubre la jaula de Faraday internamente, reduce los niveles de las reflexiones de la energía.

Canal.- Conjunto de dispositivos, artefactos de transmisión y medios de propagación, que proporcionan la posibilidad de encausar señales de información. Banda de frecuencias de radio, asignada con una finalidad específica.

Canal de frecuencias.- Parte del espectro de frecuencias que se destina a ser utilizado para la transmisión de señales y que puede determinarse por dos límites especificados o por su frecuencia central y la anchura de banda asociada o por cualquier otra indicación equivalente.

CCIR.- (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicación) Organismo permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sus funciones serán estudiar y formular recomendaciones sobre cuestiones técnicas y de explotación relativas específicamente a radiocomunicaciones.

CDMA.- (Code Division Multiple Access) Véase Acceso Múltiple por División de código.

Célula.- Forma de control hexagonal subdividido para el servicio de telefonía móvil conteniendo una célula controlada.

Clase de emisión.- Conjunto de características de una emisión, a saber: tipo de modulación de la portadora principal, naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se va a transmitir, así como también, en su caso, cualesquiera otras características; cada clase se designa mediante un conjunto de símbolos normalizados.

Cocanal.- Designa la utilización del mismo radiocanal por dos o más emisiones.

Codificador.- Instrumento que altera electrónicamente una señal programada a fin de que sólo pueda ser captada por equipos con decodificadores apropiados, genera impulsos de duración y/o espaciamiento, variables de acuerdo con un código determinado.

Dispositivo electrónico que utiliza uno o más métodos para convertir un mensaje en una forma ininteligible.

Codificar.- Expresa una información determinada por medio de un código.

Código.- Sistema de reglas que definen una correspondencia biunívoca entre informaciones y su representación por caracteres, símbolos o elementos de señal.

Código binario.- Código en el que cada elemento puede tener uno u otro de dos valores o números diferentes, generalmente 1 y 0.

Código Gray.- Código binario modificado en el que la sucesión numérica está representada por expresiones que difieren solamente por una cifra a fin de disminuir errores, también denominado código reflectivo.

Compartición de banda.- Copartición en el conjunto de las frecuencias comprendidas entre los límites determinados y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión.

Compartición de frecuencias.- Copartición de las ondas electromagnéticas contenidas en una frecuencia.

Comunicación vía satélite.- Radiocomunicación que se establece para conducir, distribuir o difundir señales de sonidos, voz, datos, o imágenes mediante el uso de un sistema de satélites.

Conmutador telefónico privado (PBX).- Central telefónica ubicada en las instalaciones del usuario, con el fin de conectar una o varias líneas de central con un número mayor de líneas internas y aparatos telefónicos.

Correlación.- Grado de semejanza entre dos señales u ondas.

Criptología.- Investigación de efectos producidos por causas ocultas. Desciframiento de escritos con clave secreta.

Criptanalista.- Persona que descifra criptogramas, es decir, convierte mensajes secretos a su estructura original de forma inteligible.

Criptograma.- Documento cifrado.

D

dB.- (decibelios) décima parte de un Bel. Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc. El número de decibelios es diez veces el logaritmo (base 10) de la relación de la cantidad medida al nivel de referencia.

dB_i.- Ganancia relativa de una antena, con respecto a un radiador isotrópico (i).

dBm.- Nivel absoluto de potencia expresado en decibelios, referidos a 1 milliwatt.

dBw.- Nivel de potencia absoluta en decibelios, con relación a 1 watt.

Decodificador.- Dispositivo que efectúa la decodificación, realizando la operación inversa a la codificación. decodificando una información digital de entrada con un determinado formato.

Demodulador.- Circuito o dispositivo cuya acción sobre una onda portadora, permite recuperar o recomponer la onda moduladora original.

Densidad de flujo de potencia.- Potencia transmitida por unidad de superficie normal al vector de apuntamiento, en un sector del campo electromagnético.

Digital.- Modalidad de transmisión en la cual la información es codificada en forma binaria para su envío a través de las redes. Se distingue de la señal analógica en que esta última se refiere a una gama continua de magnitudes de tensión o corrientes.

Dipolo.- Sistema de dos cargas eléctricas de signo contrario, separadas por una distancia finita. Tipo de antena constituida por dos partes simétricas conectadas por el punto medio de la antena, a un aparato emisor o receptor.

Dirección de radiación.- Dirección de propagación del frente electromagnético.

Directividad de una antena.- En relación con una antena dirigida, grado en que la misma concentra la radiación o la captación o la energía en determinada dirección o direcciones. Cuando mayor es la directividad menor es la abertura angular del haz de captación según que la antena sea emisora o receptora, respectivamente.

Dispersión de energía para sistemas digitales.- Su principio básico es aleatorizar el tren de impulsos de transmisión con entera independencia del tren de impulsos de información entrante, con lo que se reducen las crestas de la densidad espectral de la portadora. También se le conoce por pseudoaleatorización.

DSI (Digital Speech Interpolation).- Véase Interpolación Digital de Señales de voz.

E

Efecto Doppler.- Cambio aparente de la frecuencia de una onda por efecto del movimiento relativo de la fuente y el observador.

Emisión no esencial.- Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de la banda necesaria, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversión de frecuencias, están comprendidos en las emisiones no esenciales, pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

Emisiones no deseadas.- Conjunto de las emisiones no esenciales y de las emisiones fuera de banda.

Energía de radiación.- Emisión de ondas electromagnéticas provocada por la excitación de los electrones en campos eléctricos y magnéticos sobre un elemento radiante (dipolo, etc.).

Energía electromagnética.- Energía asociada con campos eléctricos o magnéticos.

Encriptación.- Acción de ocultar. Conversión de un mensaje de una forma ordinaria a una estructura ininteligible, oculta.

Enlace.- Medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, representada por una trayectoria de comunicación de características determinadas.

Error.- Cualquier alteración de bits durante la transmisión de datos, provoca errores en la información.

Espectro de señal.- Representación gráfica de la distribución de la amplitud (y en ocasiones de la fase) de los componentes de una onda como función de la frecuencia.

Espectro disperso híbrido.- Combinación de las dos técnicas de espectro disperso, por salto de frecuencia y por secuencia directa.

Espectro disperso.- Un tipo de radiocomunicación y técnica de radar, en donde se ensancha o dispersa el ancho de banda de una señal a través de un amplio rango de frecuencias para su transmisión y después se des-ensancha la señal a su rango original de frecuencias en el receptor. Técnica de transmisión en la cual los información de interés ocupan un ancho de banda mayor del mínimo necesario para enviar la misma. La dispersión del espectro se realiza antes de transmitir la información a través del uso de un código que es independiente de la secuencia de datos. El mismo código es empleado en el receptor correspondiente para comprimir y demodular la señal y así recobrar la información de origen.

Espectro disperso por salto de frecuencia.- Técnica de estructuración de la señal que emplea una conmutación automática de la frecuencia transmitida. La selección de la frecuencia a transmitir se realiza en forma pseudoaleatoria, a partir de un juego de frecuencias, que cubre una banda más ancha que la banda de la información. El receptor correspondiente realizará un salto de frecuencia en sincronía con el código del transmisor para recuperar la información deseada.

Espectro disperso por secuencia directa.- Técnica de estructuración de la señal en que puede emplearse modulación de amplitud, modulación de frecuencia o modulación de fase, para modular una portadora de RF por una señal de espectro disperso.

Espectro radioeléctrico.- Gama de frecuencias correspondientes a las ondas hercianas.

Esurias.- Frecuencias no útiles para transmisión o recepción de señales.

Estación.- Uno o más transmisores o receptores o una combinación de transmisores o receptores (incluyendo las instalaciones accesorias), necesarios para asegurar un servicio de radiocomunicación en un lugar determinado.

Estación terrenal.- Estación que efectúa radiocomunicaciones terrenales.

Estación terrena.- Estación situada en la superficie de la tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación.

- Con una o varias estaciones espaciales ; o
- Con una o varias estaciones de la misma naturaleza mediante el empleo de uno o varios satélites reflectores u otros objetos situados en el espacio.

Estación Terminal de Apertura muy Pequeña (VSAT).- Microestaciones o estaciones terminales de apertura muy pequeña, que utilizan las frecuencias de los 12 a los 14 GHz; utilizan antenas de diámetros muy pequeños (1.2, 2.4 y 3.6 metros), se utilizan en redes de distribución muy amplia para comunicaciones bidireccionales por satélite a través de un centro, el cual es una estación terrena grande llamada estación maestra se utilizan fundamentalmente para la transmisión de datos.

F

Faxsimil.- Forma de telegrafía que permite la transmisión de imágenes fijas, con o sin medios tocos, con miras a su reproducción en forma permanente.

Factor de directividad de la antena (D)..- Relación entre la densidad de flujo de potencia en la dirección deseada y el valor medio de la densidad de flujo de potencia en crestas, del diagrama de directividad de la antena en el sector de interferencia. Es equivalente del promedio de la mejora de la relación señal/interferencia, con el empleo de la antena real en lugar de una antena isotrópica en el espacio libre.

Fax..- Véase facsimil.

FCC (Federal Communications Commission)..- Comisión Federal de Comunicaciones. Organismo dirigido por una junta de comisionados nombrados por el presidente de los Estados Unidos con base en el acta de comunicaciones de 1934. Tiene poder para regular todos los sistemas de comunicaciones interestatales e internacionales que se originan en los Estados Unidos.

FDM (Frequency Division Multiplexing)..- Véase Método de Multiplexaje por División en Frecuencia.

FDMA (Frequency Division Multiple Access)..- Véase Acceso Múltiple por División de Frecuencias.

Figura de mérito (G/T)..- Relación ganancia a temperatura de ruido, expresado en decibeles por un grado Kelvin.

Filtro..- Circuito o dispositivo que deja pasar una frecuencia o banda de frecuencias mientras bloquea otras.

Filtro pasabajos..- Filtro con una sola banda pasante que se extiende desde una frecuencia de corte hasta una frecuencia finita. Permite el paso de las frecuencias altas e impide el paso de las frecuencias bajas y medias.

Filtro pasabajos..- Filtro de una sola banda pasante que se extiende desde la frecuencia cero hasta la frecuencia de corte. Permite el paso de las frecuencias bajas y suprime las frecuencias altas.

Filtro pasabanda..- Circuito que sólo permite el paso de las frecuencias comprendidas en cierta banda y que al mismo tiempo atenúa en alto grado todas las frecuencias ajenas a esta banda.

FM (Frequency Modulated)..- Véase Frecuencia Modulada.

Fórmula de Shannon..- Teorema de la teoría de información según el cual el número más alto de dígitos binarios por segundo que se pueda transmitir con una frecuencia de error arbitrariamente pequeño, es igual al producto de ancho de banda y log base 2 por el producto de $(1+2)$, donde r es la relación señal/ruido.

Frecuencia..- Ritmo de recurrencia o rápidas de repetición de un fenómeno periódico. Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica tales como la corriente alterna, las ondas acústicas u ondas de radio.

Frecuencia asignada..- Dentro de la banda de frecuencias asignadas a una estación, rango hertziano en el que se debe transmitir una señal deseada.

Frecuencia central..- Línea media geométrica o aritmética de las frecuencias de corte de un filtro de ondas. Frecuencia portadora cuando se modula simétricamente.

Frecuencia característica.- Frecuencia que puede identificarse y medirse fácilmente en una emisión determinada.

Frecuencia intermedia.- Frecuencia resultante de la mezcla o combinación de la señal recibida y una señal de origen local.

Frecuencia Modulada (FM).- Modulación analógica en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora. En transmisiones de radio, cubre la banda de radiodifusión de los 88 a los 108 MHz y es menos susceptible a la interferencia que las transmisiones en AM, se utilizan también en comunicaciones móviles bidireccionales.

Frecuencia portadora.- Frecuencia no modulada generada por un transmisor de radio, radar u otro, o bien la frecuencia medida de la onda emitida cuando se modula por una señal. También se denomina frecuencia central, frecuencia simétrica de reposo.

Frecuencia radioeléctrica.- Cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética es útil para las telecomunicaciones.

FSK (Frequency Shift Keying).- Véase modulación por desplazamiento de frecuencia.

G

Gainancia.- Contraria a la pérdida. La ganancia efectiva de un sistema de un amplificador es un término de transmisión. En otros se maneja en los decibelios. Se define como el cociente del nivel de potencia en salida, que es resultado de la potencia efectiva a la que está sometida con el nivel de potencia efectiva.

En las señales de onda viajera representadas en términos de potencia, se la ganancia efectiva es un término de transmisión que indica la relación de intensidad de intensidad efectiva de la señal. También se la define como el cociente de una potencia efectiva de salida y la potencia efectiva de entrada, que es una medida de la eficiencia de la señal.

En el caso de una señal efectiva, se la ganancia se la define como el cociente de la potencia de salida y la potencia de entrada. Se define como el cociente de la potencia de salida y la potencia de entrada.

Gainancia efectiva.- Se define como el cociente de la potencia de salida y la potencia de entrada.

Gainancia de potencia.- Se define como el cociente de la potencia de salida y la potencia de entrada.

Frecuencia Característica.- Frecuencia que puede identificarse y medirse fácilmente en una emisión determinada.

Frecuencia intermedia.- Frecuencia resultante de la mezcla o combinación de la señal recibida y una señal de origen local.

Frecuencia Modulada (FM).- Modulación analógica en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora. En transmisiones de radio, cubre la banda de radiodifusión de los 88 a los 108 MHz y es menos susceptible a la interferencia que las transmisiones en AM, se utiliza también en comunicaciones móviles bidireccionales.

Frecuencia portadora.- Frecuencia no modulada generada por un transmisor de radio, radar u otro, o bien la frecuencia medida de la onda emitida cuando es modulada por una señal. También se denomina frecuencia central, frecuencia simétrica de reposo.

Frecuencia radioeléctrica.- Cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética es útil para las telecomunicaciones.

FSK (Frequency Shift Keying).- Véase modulación por desplazamiento de frecuencia.



Ganancia.- Contrario a la pérdida. Se obtiene generalmente por la inserción de un amplificador en un circuito de transmisión. Se mide en Hertz o en Decibelios. Se define como el aumento del nivel de potencia, es decir, por la relación de la potencia efectiva a la que sería librada sin el conversor del amplificador.

En las antenas de radio, cociente (expresado en decibelios) de la tensión producida en las terminales del receptor por una señal que llegue a la dirección de sensibilidad máxima de la antena, dividida por la producida por la misma señal en una antena omnidireccional de referencia (generalmente un dipolo de media onda).

En el caso de una antena transmisora, es el cociente de la intensidad del campo que se produce en un punto a lo largo de la línea de radiación máxima, para una potencia determinada radiada por la antena, dividida por la que produce el mismo punto y para la misma potencia en una antena omnidireccional.

Ganancia Absoluta.- Ganancia en una dirección cuando la antena de referencia es isotrópica y está aislada en el espacio.

Ganancia de antena.- Relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia omnidireccional sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión; para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada.

Según la antena de referencia elegida se distingue entre:

- a) La ganancia isotrópica o absoluta (G_0) si la antena de referencia es una antena isotrópica aislada en el espacio;
- b) La ganancia con relación a un dipolo de media onda (G_d) si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contienen la dirección dada;
- c) La ganancia con relación a una antena vertical corta (G_v) si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

Ganancia isotrópica.- Ganancia en potencia de una antena en una dirección dada, cuando la antena de referencia es un radiador isotrópico aislado en el espacio.

Generador de frecuencia.- Aparato capaz de producir oscilaciones de frecuencia conocida, prácticamente constante.

Generador de impulsos codificados (codificador).- Dispositivo que origina un código por generación de impulsos de longitud variable y espaciamiento también variable como requieren los radiofaros e interrogadores.

Ganancia de proceso (N).- Se concibe como la relación del ancho de banda de una señal de espectro disperso al ancho de banda de la señal no dispersa (en su ancho de banda original). Se define también como ganancia del proceso del sistema cuando la relación de salida señal deseada/señal interferente (S/N)^{salida} se hace mayor que la relación de entrada señal deseada/señal interferente (S/I)^{entrada}.

Guía de ondas.- Conductor hueco de metal que permite la propagación en su interior de frecuencias ultraelevadas (microondas).



Haz.- región del espacio que ocupa una corriente unidireccional de radiación electromagnética o grupo de ondas emitidas.

Hertz (Hz).- Unidad de medida de la frecuencia oscilante, igual a un ciclo o periodo por segundo.

Homologar.- Verificación de las características de un equipo o sistema de radiocomunicación con respecto a una norma nacional o internacional.

I

Información.- Inteligencia o conocimiento capaz de ser representado en formas adecuadas para comunicación, almacenamiento o procesamiento.

Interferencia.- Perturbación en las señales útiles o deseadas por la presencia de señales indeseadas y/o de corrientes o tensiones parásitas, originadas por aparatos eléctricos. Efecto de la superposición de una onda fundamental, de otra oscilación de frecuencia mas o menos próxima, o de una perturbación parásita.

Interferencia admisible.- Interferencia prevista que satisfaga los criterios cuantitativos de interferencia y de compactación que figuran en reglamentos o recomendaciones del CCIR o en acuerdos especiales, según lo previsto.

Interpolación digital de señales de voz (Digital Speech Interpolation DSI).- Técnica de procesamiento de señales vocales que permite reducir la capacidad necesaria en términos de número de canales, en el enlace por satélite. Esto se logra aprovechando la no simultaneidad de las conversaciones telefónicas así como los tiempos muertos en las mismas.

Inversor de frecuencias y de voz.- inversor telefónico de frecuencias vocales. Inversor de banda para telefonía codificada. Aparato en el cual las palabras se transmiten con la banda de frecuencias invertidas, con el objeto de que sean ininteligibles para toda persona que no sea el correspondiente, este último dispone de un aparato que endereza la banda de frecuencias.

J

Jaula de Faraday.- Envoltura de tela metálica puesta en comunicación con tierra, que rodea ciertos instrumentos eléctricos para protegerlos de la acción de campos eléctricos exteriores.

L

Lóbulo lateral de la antena.- Dirección de propagación de la radiación de una antena fuera del haz principal.

Lóbulo posterior.- Lóbulo de radiación cuya dirección es sensiblemente opuesta a la del lóbulo principal de la antena.

Lóbulo principal.- lóbulo que contiene la dirección de máxima radiación.

Longitud de onda.- Longitud de una onda completa de una alternancia o fenómeno vibratorio, que generalmente se mide cresta a cresta o de valle a valle de ondas sucesivas.

NE

Método de Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM).- Sistema en el cual se divide la banda de frecuencias transmisibles por vías de transmisión de bandas estrechas, cada una de las cuales se emplea para constituir una vía de transmisión separada.

Método de Multiplexaje por División de Tiempo (TDM).- Sistema de transmisión de dos o más señales en transmisiones por satélite, por una vía común que utiliza diferentes intervalos para las distintas señales, en este sistema varias ondas o señales modulan subportadoras de impulsos independientes. Estas subportadoras son colocadas en tiempo, de manera que un mismo intervalo no es ocupado por más de un impulso. Así, todas las subportadoras pueden transmitirse simultáneamente por una misma vía y separarse en el punto de recepción multiplex por retrasos de tiempos.

Microondas.- Término con el que se conocen las longitudes de onda del espectro que abarca aproximadamente de 30 a 0.3 cm, y corresponde a frecuencias comprendidas entre 1 y 100 GHz. Hasta el momento las microondas son el principal medio de transmisión a larga distancia. Un sólo canal de radio en microondas puede tener 6000 canales de voz en un ancho de 30 MHz. En las transmisiones de microondas una señal de RF es generada, modulada, amplificada y enviada a través de una antena transmisora.

Miliwatt.- Un milésimo de watt, es la base para medir los niveles de intensidad de la señal en los circuitos de telecomunicaciones.

Modem.- Dispositivo electrónico que realiza las funciones modulación y/o demodulación en una transmisión. Puede ser analógico o digital. Hace posible que las señales de datos sean transportadas por los medios de conducción, su nombre proviene de la contracción de las palabras modulator-demodulador.

Modulación.- Proceso por el que se modifican algunas de las características de una oscilación y onda de acuerdo con las variaciones de otra señal llamada generalmente moduladora.

Modulación analógica.- Modulación para comunicaciones analógicas en las que las ondas originales son directamente moduladas en portadoras en el transmisor, utilizando alguna forma de amplitud modulada (AM), frecuencia modulada (FM) o modulación por fase (PM).

Modulación de amplitud en cuadratura.- Técnica de modulación, en cuatro estados, en la que se predetermina un código de transmisión considerando la amplitud.

Modulación de fase.- Modulación en la cual la fase de onda portadora varía en correspondencia con la amplitud de la señal moduladora.

Modulación de frecuencia.- Modulación en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora.

Modulación digital.- Modulación para comunicaciones digitales en la que las ondas originales son primero convertidas en secuencias de bits y después transformadas por codificación en portadoras de RF para su transmisión. La codificación se realiza mediante diferentes técnicas como puede ser BPSK, QPSK, FSK, etc..

Modulación por codificación de pulsos (PCM).- Modulación por impulsos según un código, en el cual la amplitud, la duración o la posición del tiempo de un impulso, poseen determinado significado dentro de ese código. en el impulso la información se reduce a incrementos de amplitud discretos, a cada uno de los cuales se le asigna un tren determinado y único de frecuencia (código), el cual pasa entonces a ser transmitido.

Modulación por desplazamiento cuatrifásico (QPSK).- Técnica de modulación en cuatro estados, en la cual la fase y los pulsos han sido predeterminados. Consiste en que dos secuencias separadas de datos son codificadas simultáneamente, mediante modulación por desplazamiento de fase binaria, en una versión en cuadratura de la misma portadora.

Modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK).- Técnica de modulación de dos estados, que se significa por la utilización de las fases 0 y π . Mediante ellos se modula la banda base codificada en una portadora de RF. La onda es usada para modular por fase a la portadora. Por su eficacia se aplica a cualquier tipo de señal digitalizada.

Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).- Proceso de conversión de señales analógicas en digitales, en el cual la frecuencia instantánea, resultante de la onda modulada, es desplazada entre un conjunto de valores discretos relacionados con las condiciones significativas de la señal digital modulada.

Modulador.- Dispositivo empleado para modular o variar las características fundamentales de una onda senoidal con otra señal llamada moduladora.

Multiplexaje o Multiplexaje.- Proceso reversible destinado a reunir señales de varias fuentes distintas, dado una señal compuesta única, para la transmisión por un canal de transmisión común. Este proceso equivale a dividir el canal común en distintos canales, para transmitir señales independientes en el mismo sentido.

Multiplicador.- Dispositivo con dos o más entradas y una salida. Es proporcional al producto de las señales de entrada.

N

Nivel.- Nivel correspondiente a un punto cualquiera. Se expresa generalmente en decibelios (dB), en relación con determinado punto arbitrario de referencia o en relación con determinada potencia fija, tomada como nivel cero de referencia.

Normalización.- Fijación, por medio de un acuerdo, de los criterios que debe cumplir un proceso o bien producido en cuanto a calidad, tipo de material, valores de ciertas características asociadas, etc., de modo que de un resultado adecuando para un fin dado.

O

Ondas de radio.- Ondas electromagnéticas que se extienden en parte del espectro que va de las altas frecuencias de radio audibles, justo un poco de la región infraroja.

Ondas estacionarias.- Distribución de la corriente y de la tensión en un sistema conductor formado por dos series de ondas que se desplazan en sentidos opuestos.

Ondas radioeléctricas, ondas herztianas.- Onda electromagnética que se propaga en el espacio sin guía artificial cuya frecuencia se fija por debajo de inferior a 3000 GHz.

Oscilador local.- Oscilador cuya frecuencia, combinada con la de la señal entrante, produce otras frecuencias por acción heterodina.

P

PABX (Private Automatic Branch Exchange).- Véase conmutador telefónico automático privado.

Patrón de radiación.- Término utilizado para describir la forma geométrica con la que una antena irradia o recibe las señales electromagnéticas; es decir, representa la distribución de la energía del campo electromagnético en el espacio permitiendo identificar en cuales direcciones lo hace con mayor o menor efectividad.

PBX (Private Branch Exchange).- Véase conmutador telefónico privado.

Pérdida de dispersión.- Parte de la pérdida de transmisión debida a dispersión en el medio de propagación o a rugosidades en la superficie reflectora.

Período.- Tiempo requerido para un ciclo completo de una serie de eventos repetidos regularmente.

Perturbación radioeléctrica.- Fenómeno electromagnético que se manifiesta por las emisiones de radiofrecuencias y es susceptible de crear problemas de funcionamiento a un dispositivo, equipo o sistema.

PIRE.- Véase potencia isotrópica radiada.

Plano de polarización.- Plano de referencia para la propagación de una onda electromagnética.

Polarización.- Desarrollo lineal o circular que se imprime a una onda electromagnética, la cual se modifica en su trayecto por rotación del plano de polarización o depolarización de las ondas. Es la propiedad de una onda electromagnética que describe la dirección del vector campo eléctrico.

Polarización circular.- Modo de transmisión en que las señales son enlazadas en bajada, en un patrón espiral rotatorio.

Polarización horizontal.- En radio, polarización de las ondas de modo que las líneas de fuerza eléctrica son horizontales. Lo que equivale a decir que el plano de polarización eléctrica es horizontal y el de polarización magnética es vertical. Se transmite con polarización horizontal cuando la antena o sus elementos activos tienen esa posición; en ese caso la antena receptora o sus elementos activos deben estar también en posición horizontal.

Polarización lineal.- Ocurre cuando la dirección del campo eléctrico y la dirección de propagación se encuentran permanentemente en un plano.

Polarización vertical.- En radio, polarización de las ondas de modo que las líneas de fuerza eléctrica de polarización son verticales y las de polarización magnética son horizontales. Las ondas se emiten con polarización vertical cuando la antena emisora o sus elementos activos tienen posición vertical; en ese caso la antena receptora o sus elementos activos deben estar, asimismo, en posición vertical.

Portadora.- Onda de radio generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación.

Potencia de la portadora de un transmisor radioeléctrico.- Media de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena por un transmisor durante un ciclo de radiofrecuencia en ausencia de modulación.

Potencia de salida.- Potencia que se obtiene a la salida del transmisor antes de conducirla por el cableado que va a la antena transmisora.

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva.- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia en relación con una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta).

Potencia máxima de transmisión.- Potencia de operación máxima de salida del transmisor autorizado.

Potencia media.- Promedio de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena o a una carga ficticia o especificada por un emisor en funcionamiento normal evaluado durante un tiempo relativamente largo respecto al periodo de la componente de más baja frecuencia de la modulación.

Potencia radiada aparente p.r.a. (en una dirección dada).- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

Potencia radiada.- Potencia total emitida por una antena emisora, se expresa en watts.

Propagación.- Transmisión de energía al frente de ondas, en forma de ondas electromagnéticas en la dirección normal. Generalmente es esférico, o forma parte de una esfera o de un plano.

Propagación de ondas.- Avance de las ondas electromagnéticas a través de un medio o avance de una perturbación eléctrica instantánea a través de una línea de transmisión.

Propagación en el espacio libre.- propagación de una onda electromagnética en un medio dieléctrico ideal homogéneo que se puede considerar infinito en todas las direcciones.

PSK (Phase Shift Keying).- Véase modulación por desplazamiento de fase.

Q

QAM (Quadrature Amplitude Modulation).- Véase Modulación en Amplitud de Cuadratura.

QPSK (Quaternary Phase Shift Keying).- Véase Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria.

R

Radar.- Sistema radioeléctrico cuyo objeto es determinar las coordenadas polares de un cuerpo distante.

Radiación parásita.- Emisión no esencial, producida accidentalmente en frecuencias que son a la vez independientes de la frecuencia portadora o característica de una emisión, y de las frecuencias de las oscilaciones que resultan de la generación de la frecuencia portadora o característica.

Radio.- Término general que se aplica al empleo de las ondas electromagnéticas, entre ellas pueden estar el radioreceptor, el radioemisor, la estación radiotelegráfica, la radiocomunicación, etc..

Radioastronomía.- Astronomía basada en la recepción de ondas radioeléctricas de origen cósmico.

Radio modem.- Bloque terminal de un sistema de portadora integrado a los equipos de radio y que accesa al sistema por medios inalámbricos.

Radiocanal.- Parte del espectro radioeléctrico que se utiliza para una emisión y que puede definirse por dos límites específicos o por su frecuencia central y la anchura de banda asociada o por toda indicación equivalente.

Radiocomunicación.- Toda transmisión, emisión o recepción de sonidos, voz, datos, textos o imágenes por medio de ondas radioeléctricas.

Radiodeterminación.- Determinación de la posición, velocidad u otras características de un objeto u obtención de información relativa a una posición de los parámetros, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

Radiodifusión.- Radiocomunicación unilateral cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general. Estas emisiones pueden comprender programas radiofónicos, programas de televisión u otro género de informaciones. Transmisión radiofónica destinada a ser recibida por el público en general, transmisión simultánea de señales radioeléctricas a un número limitado de aparatos receptores. Las emisiones de radiodifusión son generalmente de índole recreativa, informativa, cultural o clásica y pueden incluir programas musicales, deportivos, de radioteatro, de participación del público, de variedades, de transmisión de actos o de espectáculos desde los lugares donde se desarrollan, así como radionovelas, noticias, charlas, etc.

Radiodifusión estereo.- Radiodifusión por dos canales sonoros para producción mediante un sistema que tiene un sintonizador estéreo en su entrada. Este equipo de radiodifusión sólo se da en FM.

Radioenlace.- Sistema usado para mantener una comunicación por medio de la radio entre dos puntos específicos mediante el uso de ondas radioeléctricas.

Radiofrecuencia.- Frecuencia a la cual la radiación de energía electromagnética coherente es útil para las comunicaciones, superior a las frecuencias acústicas, pero inferior a las de la luz y el calor.

Radiolocalización.- Sistema de emergencia que establece posición, velocidad y características de un objeto, se utiliza para fines distintos a los de radionavegación. Determinación de una posición o de una dirección por medio de la propiedad de propagación rectilínea o velocidad constante de las ondas hertzianas.

Radionavegación.- Radiodeterminación utilizada para fines de navegación, inclusive para señalar la presencia de obstáculos.

Radiopegia.- Servicio unidireccional de radio en el cual el usuario porta un radioreceptor pequeño y ligero, capaz de responder a señales codificadas mediante las cuales se emiten breves mensajes.

Radiotelefonía.- Telefonía en la que se emplean ondas de radio.

Radiotelegrafía.- Telegrafía en que se emplean las ondas radioeléctricas.

RDSI.- Véase Red Digital de Servicios Integrados.

Realimentación.- Operación que consiste, fundamentalmente, en incorporar a la señal de entrada de un sistema o de una parte de él, alguna función de la señal de salida de este sistema o de una parte de él.

Recepción.- Acción de recibir señales.

Red de comunicaciones personales.- Red de pequeños radiotelefonos servidos por un conjunto de células transmisoras-receptoras.

Red de área local.- Zona de acción en la que se presta el servicio de red o del conjunto organizado de estaciones que pueden comunicarse entre sí, en la cual un procesador sirve como servidor de la red y los elementos que la integran pueden ser procesadores o terminales, los elementos locales pueden ser del tipo cable Ethernet o cable de banda ancha.

Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).- Jerarquía planificada de sistemas de transmisión y conmutación digital, sincronizada de manera que todos los elementos digitales operen en forma compatible para transmitir señales de voz, datos y video. Este sistema permite la transmisión y recepción de los diversos tipos de servicios de telecomunicación (telefónica, de datos, facsimil, video) a través de un sólo circuito de usuario.

Red digital pública.- Grupo de líneas o ramificaciones enlazadas entre sí, para la transmisión de información digital a altas velocidades, en ocasiones apoyadas en el sistema de microondas, satélites y fibra óptica a líneas de vista, dedicada a prestar servicios de telecomunicación.

Relación frente-espalda.- Es la relación que se expresa en dB de los niveles recibidos desde un ángulo de 180° a un ángulo de 0°.

Relación de Señal/Interferencia.- Relación entre la señal deseada y el ruido más las señales interferentes, evaluada en condiciones determinadas y en un punto específico.

Relación de Señal/Ruido.- Relación de potencia de señal a potencia de ruido que existe en algún punto específico.

Reutilización de frecuencias.- Métodos para aumentar la capacidad de los sistemas de satélites de comunicaciones, mediante la utilización de las frecuencias asignadas en más de una ocasión. Las mismas frecuencias pueden ser utilizadas para los enlaces de diferentes áreas geográficas, siempre y cuando las antenas tengan haces bien definidos y las emisiones laterales sean suprimidas.

RF (Radio frequency).- Véase radiofrecuencia.

Ruido.- Fenómeno físico variable que no contiene en apariencia información y que puede superponerse o combinarse con una señal útil. Cualquier señal indeseada superpuesta a la ya existente. Se puede generar por ondas de radio o campos eléctricos magnéticos en el entorno.

Ruido Blanco.- Ruido aleatorio de origen eléctrico o acústico presente en la banda de frecuencias dada.

Ruido radioeléctrico.- Fenómeno electromagnético variable que se manifiesta en las radiofrecuencias, aparentemente no lleva información y es susceptible de superponerse o combinarse con una señal útil.

Ruido térmico.- Ruido eléctrico originado por la agitación térmica de electrones en conductores y semiconductores.

Rx (Receptor).- Abreviatura que denota recepción, término aplicado a recibir una señal, mensaje u otra forma de información.

S

Satélite.- Cuerpo que gira alrededor de otro cuerpo de masa preponderante y cuyo movimiento está principalmente determinado de modo permanente por la fuerza de atracción de este último. En comunicaciones, artefacto puesto en órbita alrededor de la tierra o de otro cuerpo del espacio; es empleado para reflejar información, o como medio de comunicación.

Saturación del espectro.- Se presenta cuando no existe capacidad en la utilización del espectro para una nueva frecuencia.

Selectividad.- Capacidad de un circuito o receptor completo para discriminar entre las emisiones de frecuencias diferentes.

Sensibilidad.- El término se emplea para indicar la señal mínima de entrada a la que responderá un sistema electrónico.

Señal.- Conjunto de ondas propagadas a lo largo de un canal de transmisión y que sirven para actuar sobre un dispositivo receptor, por sentido general ha de entenderse al campo de telecomunicaciones.

Señal digital.- Señal de temporización discreta en la cual la información está representada por un número de valores discretos bien definidos que pueden ser adoptados por una de sus características en función del tiempo.

Seudoaleatorización.- Véase dispersión de energía para sistemas digitales.

Seudoruido.- Falso o supuesto ruido.

SIGSALY.- Dispositivo electrónico que utiliza uno o más métodos para convertir un mensaje en una forma ininteligible.

Sistema criptográfico.- Algoritmo para la conversión de algún mensaje de una forma ordinaria a una forma secreta.

Spread Spectrum (espectro disperso).- Véase Espectro Disperso.

SSMA (Spread Spectrum Multiple Acces).- Véase Acceso Múltiple por diferenciación de Código.

T

Tasa de bits errados.- Fracción de una secuencia de bits de mensajes que se reciben con error en promedio por cada millón de bits transmitidos. Porcentaje de datos transmitidos incorrectamente sobre el total de datos, expresados como una fracción del número total de bits transmitidos.

TDMA (Time Division Multiple Access).- Véase técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempo.

Telecomunicación.- Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

Telefonía celular móvil.- Servicio de telefonía móvil que se realiza a través de un grupo de células transmisoras-receptoras, en donde una llamada telefónica es realizada a través de su transferencia de célula a célula.

Transmisión.- Proceso mediante el cual una señal (auditiva, visual o de otro tipo) es transferida de un punto a otro mediante diversas vías (cables ondas radioeléctricas, etc.).

Transmisión asíncrona.- Sistema de transmisión en el cual los intervalos entre cada carácter transmitido pueden ser diferentes. La transmisión se controla por señales o informaciones en el principio y en el final de cada mensaje.

Transmisión de datos.- Transferencia de datos en forma codificada de un lugar a otro por una telecomunicación.

Transmisor.- Equipo utilizado para la generación de una onda radioeléctrica modulada con la información deseada y alimentada a una antena para ser emitida al espacio.

Transmisor de radio.- Equipo utilizado para generar y amplificar una portadora de radiofrecuencia, modular la señal portadora con la información y alimentar la portadora modulada a una antena para su radiación en el espacio como ondas electromagnéticas. Denominado también equipo de radio, radiotransmisor o transmisor.

Tx (Transmisor).- Abreviatura que denota transmisión, término aplicado a transferir una señal, mensaje u otra forma de información de un lugar a otro.



Vocodificador.- Dispositivo generador de palabra sintética; aparato analizador y codificador de la palabra.

Voz.- En telecomunicaciones, frecuencia ubicada en la banda requerida para la transmisión efectiva del habla; usualmente entre los 200 y los 3500 Hz.

BIBLIOGRAFIA.

Reglamento de Radiocomunicaciones; Unión Internacional de Telecomunicaciones (Ginebra 1990).

Ley Federal de Metrología y Normalización (31 de julio 1992).

Reglamento de Telecomunicaciones (25 de Octubre de 1990).

Volumenes IV.1 e I de las recomendaciones e informes de CCIR, 1990 Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (DESSELDOEF 1990). Utilización del Espectro y Congestión Técnica de las Emisiones.

Normas de procedimientos de pruebas para antenas; IEEE STANDARD TEST PROCEDURES FOR ANTENNAS), publicado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.