



Ingeniero telecomunicaciones Cantabria

TEMA 27.- Radiocomunicaciones. Conceptos fundamentales. Estaciones radioeléctricas. Sistemas radiantes. Tipos de antenas. Diagramas de radiación. Modos de propagación. Radioenlaces.

Temarios
oposiciones

TFNO 621 088 797

Radiocomunicaciones: Fundamentos, Sistemas y Propagación

La radiocomunicación constituye uno de los pilares fundamentales de las telecomunicaciones modernas, permitiendo la transmisión de información a través del espacio sin necesidad de medios físicos. Este informe presenta una visión completa de los conceptos esenciales que conforman los sistemas de radiocomunicaciones, desde sus principios básicos hasta los elementos técnicos que hacen posible esta tecnología. La comprensión de estos fundamentos resulta crucial tanto para profesionales del sector como para estudiantes y entusiastas que deseen profundizar en el funcionamiento de las comunicaciones inalámbricas que forman parte integral de nuestra sociedad interconectada.

Conceptos Fundamentales de las Radiocomunicaciones

Definición y Principios Básicos.

La radiocomunicación se define formalmente como "Telecomunicación realizada por medio de las ondas radioeléctricas".

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), las ondas radioeléctricas son aquellas ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y cuyo límite superior de frecuencia se establece convencionalmente en 3.000 GHz. Podemos distinguir dos tipos principales de radiocomunicación: la radiocomunicación espacial, que utiliza elementos situados en el espacio, y la radiocomunicación terrenal, que comprende cualquier radiocomunicación distinta de la espacial y de la radioastronomía.

La técnica fundamental de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética soporte, denominada portadora. Este proceso, conocido como modulación, permite insertar la información deseada en la onda portadora, generando así una onda modulada cuyo espectro contiene un conjunto de frecuencias en torno a la portadora original.

Ondas Radioeléctricas y su Transmisión

Las ondas radioeléctricas son un tipo específico de ondas electromagnéticas formadas por la conjunción de un campo eléctrico y otro magnético, característica que les permite propagarse por el espacio. Estas ondas se propagan a la velocidad de la luz independientemente de su frecuencia. Una onda electromagnética se define mediante tres parámetros principales: frecuencia (número de ondas transmitidas en un segundo), velocidad (constante e igual a la velocidad de la luz) y el tercero que, aunque no se especifica explícitamente en las fuentes, corresponde a la amplitud o intensidad de la onda.

Proceso de Radiación y Emisión

Se entiende por radiación el flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas electromagnéticas, mientras que la emisión se refiere específicamente a la producción de radiación o la radiación producida por una estación transmisora radioeléctrica. La onda modulada generada en la estación transmisora y emitida al medio de propagación alcanza su destino a través del espacio y es captada por la antena receptora, que recoge una fracción de la energía radioeléctrica transmitida.

Estaciones Radioeléctricas

Definición y Componentes

Una estación transmisora radioeléctrica está compuesta por el conjunto de equipos destinados al tratamiento de la información, incluyendo moduladores, filtros y antenas. Por otro lado, la estación receptora comprende todos los equipos necesarios para el tratamiento de la señal recibida, como la antena de recepción, amplificadores, demodulador y filtros.

Las estaciones base de telefonía móvil, como ejemplo específico de estaciones radioeléctricas, incluyen componentes como sistemas radiantes (antenas tipo panel), sistemas de soporte (mástiles en entornos urbanos y torres en entornos rurales), equipos de radiofrecuencia, líneas de comunicación, sistemas de suministro eléctrico y sistemas de seguridad.

Funcionamiento Básico

En un sistema de radiocomunicación, la onda modulada generada en la estación transmisora se emite al medio de propagación, donde alcanza el punto o puntos de destino y accede al sistema receptor por medio de una antena de recepción. Los órganos de transmisión, recepción y antenas contribuyen positivamente a la radiocomunicación, mientras que el medio de transmisión puede introducir pérdidas y diversos tipos de perturbaciones, como distorsión, ruido e interferencias.

El proceso completo de transmisión comienza cuando la información original (voz, datos, etc.) se convierte en corrientes eléctricas que un emisor transforma en corrientes de Radiofrecuencia (RF). Estas corrientes se aplican a una antena de emisión que las convierte en ondas electromagnéticas que viajan por el espacio. En el extremo receptor, la antena capta estas ondas y las reconvierte en señales eléctricas que serán procesadas para extraer la información original.

Sistemas Radiantes

Definición y Función

Los sistemas radiantes, principalmente compuestos por antenas, son los dispositivos encargados de acoplar las ondas electromagnéticas al medio de propagación durante la transmisión, o de captarlas durante la recepción. Su principal función es la de convertir corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas (en transmisión) o viceversa (en recepción).

En el caso específico de la telefonía móvil, los sistemas radiantes suelen estar compuestos por antenas de tipo panel con alturas que oscilan entre 1 y 2 metros. Estos sistemas determinan características cruciales de la transmisión, como el ángulo de radiación en elevación y en azimut.

Importancia en la Radiocomunicación

Los sistemas radiantes son elementos críticos en cualquier sistema de radiocomunicación, ya que determinan en gran medida la eficiencia con la que se transmite o recibe la energía electromagnética. Su diseño y características afectan directamente al alcance, la calidad y la fiabilidad de las comunicaciones, así como a la capacidad de discriminar entre señales deseadas e interferencias.

Tipos de Antenas

Antenas Monopolo y Dipolo

Las antenas se pueden clasificar en dos familias básicas. La antena monopolo es la más sencilla y, como su nombre indica, representa la mitad de un dipolo. La más común es el monopolo de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda o monopolo $\lambda/4$, que siempre se utiliza en conjunto con un plano de tierra que actúa como una especie de espejo eléctrico. Este tipo de antena se emplea habitualmente en receptores de radio FM, radioteléfonos móviles y sistemas similares.

Por otro lado, las antenas dipolo, siendo la más común el dipolo $\lambda/2$ o $\frac{1}{2}$ longitud de onda, también se conocen como antenas resonantes. Estas antenas se utilizan principalmente para servicios en frecuencias superiores a 2 MHz, como radiodifusión de FM, televisión y radio móvil, ya que para frecuencias inferiores el tamaño físico del dipolo resultaría prohibitivo.

Antenas Direccionales y Parabólicas

De la familia de antenas dipolo se derivan numerosas variantes utilizadas en la práctica, como las antenas Yagi-Uda empleadas para televisión con dipolos plegados o sencillos, y las antenas LPDA (arreglo de dipolos logó periódico) utilizadas para procesos de medición y monitoreo.

Las antenas parabólicas, debido a su tamaño y características sólidas, se emplean principalmente para enlaces microondas y satelitales. Las de rejilla se utilizan específicamente para enlaces de microondas en frecuencias menores a 3 GHz, mientras que las denominadas "high performance" se aplican en enlaces de microondas a frecuencias superiores a 4 GHz.

Antenas Especializadas

Las antenas tipo panel son ampliamente utilizadas en telefonía celular. Estos sistemas radiantes suelen tener ángulos de radiación específicos tanto en elevación como en azimut, lo que permite una cobertura precisa de áreas determinadas.

Cada tipo de antena posee características específicas que la hacen adecuada para determinadas aplicaciones, considerando factores como la frecuencia de operación, el patrón de radiación requerido, la ganancia necesaria y las limitaciones físicas del entorno de instalación.

Diagramas de Radiación

Definición y Propósito

Un diagrama de radiación, también conocido como diagrama de antena, es una representación gráfica de cómo una antena particular irradia o recibe energía. Este diagrama es exclusivo de cada antena individual y se compone trazando su radiación de campo lejano (normalmente radiante) como coordenadas cartografiadas. Los diagramas de radiación permiten visualizar cómo una antena propuesta irradiará o recibirá energía electromagnética cuando esté montada, siendo esenciales para planificar el despliegue de antenas en redes inalámbricas.

Representación de Patrones de Radiación

Las antenas irradian o reciben energía en todas las direcciones, lo que hace que sus patrones sean tridimensionales. Sin embargo, para una representación más conveniente, estos patrones suelen representarse en planos horizontales y verticales separados, conocidos como patrones de plano principal.

Planos Principales y su Interpretación

Los principales patrones de planos incluyen:

- El plano acimutal, también conocido como plano XY, que se refiere al plano horizontal.
- El plano de elevación, también conocido como plano vertical o YZ.
- El plano de elevación, que está orientado en ángulo recto con respecto al plano acimutal.
- Un tercer plano perpendicular, el plano XZ, que también interseca el origen y proporciona puntos de datos adicionales.

Estos planos de intersección crean gráficos polares complementarios que proporcionan una representación fiable del rendimiento de la antena. Para mayor precisión, estos gráficos deben derivarse de una sección transversal real de un diagrama de antena 3D, en lugar de trazar datos en cada plano de forma independiente.

Modos de Propagación

Propagación en Diferentes Bandas de Frecuencia

Los modos de propagación de las ondas radioeléctricas varían significativamente según la banda de frecuencia en la que operan. Cada banda presenta características particulares que determinan su alcance, disponibilidad temporal y aplicaciones típicas.

En la banda VLF (3-30 kHz), la propagación se realiza mediante una guía de ondas formada por la tierra y la ionosfera, permitiendo alcances muy grandes y disponibilidad continua, lo que la hace ideal para radionavegación y servicios móviles marítimos. En la banda LF (30-300 kHz), predomina la onda de superficie, con alcances superiores a 1.000 km sobre agua y disponibilidad permanente, siendo utilizada principalmente para frecuencias patrón.

Propagación por Onda de Superficie y Onda Ionosférica

La onda de superficie es el modo de propagación dominante en frecuencias bajas, entre 10 kHz y 10 MHz, para alturas de antenas pequeñas, aunque debe ser considerada hasta frecuencias de 150 MHz para alturas de antenas reducidas y polarización vertical. Este tipo de propagación solamente presenta alcances útiles con polarización vertical, ya que toda componente horizontal queda rápidamente absorbida por el suelo.

La propagación por onda ionosférica ocurre principalmente en las bandas MF (300-3000 kHz) y HF (3-30 MHz) para distancias superiores a los 500 km, aunque está sujeta a desvanecimiento y tiene mayor disponibilidad durante la noche para MF y tanto de día como de noche para diferentes rangos de HF. Este modo aprovecha la reflexión de las ondas en las capas ionizadas de la atmósfera, funcionando como un repetidor natural, invulnerable y de utilización gratuita.

Propagación Troposférica y Línea de Visión

Para frecuencias superiores a 150 MHz (VHF, UHF), dejan de ser utilizables los modos de propagación por superficie e ionosfera, predominando la propagación troposférica[12]. En VHF (30-300 MHz), UHF (300-3000 MHz) y SHF (3-30 GHz), la propagación se realiza principalmente por onda espacial troposférica, con alcances típicos limitados a la visión directa (aproximadamente 40-50 km) y disponibilidad permanente.

La propagación en línea de visión se refiere a las ondas de radio que viajan en línea recta desde la antena transmisora a la antena receptora[11]. No requiere necesariamente un camino despejado, ya que en frecuencias más bajas, las ondas de radio pueden atravesar edificios, follaje y otras obstrucciones[11]. Sin embargo, este es el único método de propagación posible en frecuencias superiores a 30 MHz, estando limitado en la superficie terrestre por el horizonte visual a aproximadamente 64 km[11].

Factores que Afectan la Propagación

La propagación de ondas de radio se ve afectada por numerosos fenómenos físicos, incluyendo reflexión, refracción, difracción, absorción, polarización y dispersión[9]. Además, las variaciones diarias de vapor de agua en la troposfera (humedad relativa ambiente) y la ionización en la atmósfera superior (ionosfera) tienen un impacto significativo en la propagación[9].

La actividad solar juega un papel crucial en la propagación ionosférica, ya que la radiación solar sufre variaciones cíclicas con un período aproximado de 11 años, conocido como Ciclo Solar[9]. Durante los mínimos del ciclo, la región F es extremadamente débil, limitando las aperturas en HF a unas pocas horas hacia el mediodía o anulándolas por completo, especialmente en las bandas de 10 y 11 metros[9]. En contraste, durante los máximos del ciclo, la radiación solar media crea

una región F lo suficientemente densa como para propagar señales en estas frecuencias a lo largo de todo el mundo durante las horas diurnas.

Radioenlaces

Definición y Funcionamiento

Un radioenlace es un sistema de comunicación que utiliza ondas electromagnéticas para transmitir señales entre dos o más puntos distantes. En términos más técnicos, se define como "cualquier interconexión entre terminales de telecomunicaciones que se efectúa a través de ondas electromagnéticas".

Un sistema de radioenlace consiste en un sistema electrónico de comunicación inalámbrica que funciona mediante ondas de radio, posibilitando la transferencia de información entre dos o más ubicaciones. Este sistema permite la transmisión de datos entre puntos separados por distancias que pueden variar desde pocos metros hasta decenas de kilómetros.

Componentes Principales

Un sistema de radioenlace está constituido por cuatro elementos fundamentales: transmisor, receptor, dos antenas y dos líneas de transmisión. El transmisor genera la señal microondas con determinada potencia y frecuencia, mientras que la antena del receptor, apuntando directamente hacia la del emisor, recoge la energía de la señal y la envía a través de la línea de transmisión hasta el receptor. Este último se encarga de demodular la señal y procesarla para interpretar la información.

Es importante destacar que a mayor frecuencia, se requiere menor tamaño de antena y se incrementa la capacidad para transportar datos.

Aplicaciones y Ventajas

Los radioenlaces tienen numerosas aplicaciones en la sociedad moderna. Son fundamentales para establecer conexiones en áreas rurales o montañosas donde la infraestructura de cableado es limitada, proporcionando una solución eficiente y rentable para garantizar la conectividad. Además, permiten la transmisión de contenido a larga distancia sin comprometer la calidad de la señal.

Entre las aplicaciones más comunes se encuentran la radio comercial (radioenlace multipunto), los enlaces de larga distancia de satélite y las conexiones digitales terrestres como internet por wifi, wimax o radio. Una de sus mayores aplicaciones prácticas es el internet por radiocable, especialmente en zonas rurales donde no resulta económicamente viable la instalación de infraestructura de cable.

Los radioenlaces ofrecen ventajas significativas, como su seguridad y confiabilidad, además de permitir comunicaciones rápidas entre puntos distantes. Esta tecnología resulta invaluable para conectar áreas remotas o zonas donde la instalación de cables sería costosa o impracticable.

Conclusión

Las radiocomunicaciones representan un campo fundamental de las telecomunicaciones modernas, con aplicaciones que abarcan desde la telefonía móvil hasta las comunicaciones satelitales, pasando por la radiodifusión y los sistemas de emergencia. Su funcionamiento se basa en principios físicos bien establecidos, utilizando ondas electromagnéticas para transmitir información a través del espacio sin necesidad de medios físicos.

Los diversos elementos que conforman un sistema de radiocomunicación, desde las estaciones radioeléctricas hasta las

antenas y los mecanismos de propagación, trabajan en conjunto para hacer posible la transmisión efectiva de señales. La elección adecuada de cada componente, considerando factores como la frecuencia de operación, el entorno de propagación y las necesidades específicas de comunicación, resulta esencial para el diseño de sistemas eficientes y confiables.

En la era de la información, donde la conectividad constituye un aspecto crítico de la sociedad, el conocimiento de los fundamentos de las radiocomunicaciones no solo tiene relevancia académica, sino también práctica para el desarrollo y optimización de sistemas de comunicación cada vez más avanzados. La continua evolución tecnológica en este campo seguirá ampliando las posibilidades de comunicación y contribuyendo al progreso de diversos sectores económicos y sociales.