

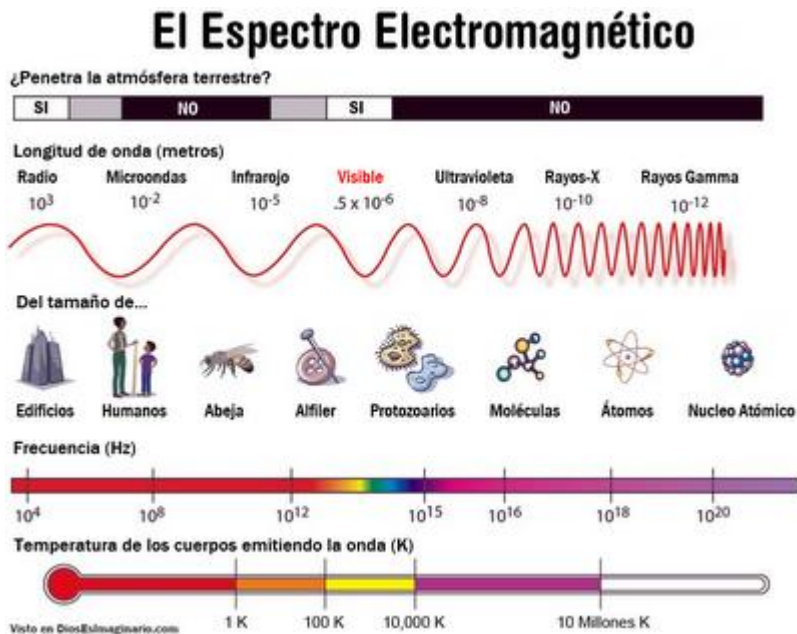
Unidad II

Principios de propagación de señales

2.1. Propiedades físicas que rigen la propagación de ondas electromagnéticas.

Son aquellas ondas que no necesitan un medio material para propagarse. Incluyen, entre otras, la luz visible y las ondas de radio, televisión y telefonía.

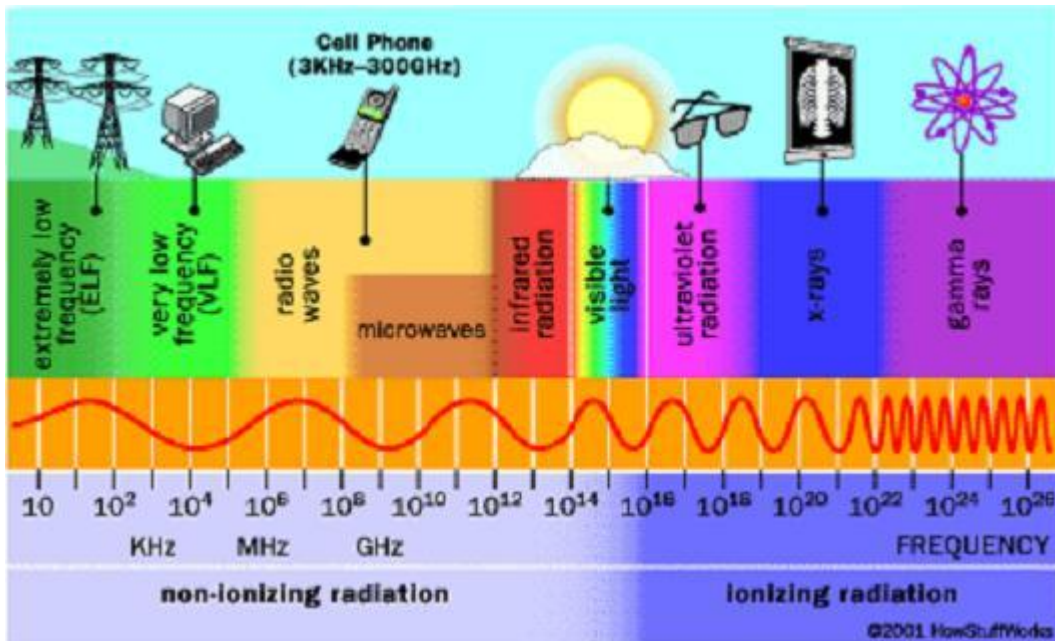
Todas se propagan en el vacío a una velocidad constante, muy alta (300 000 km/s) pero no infinita. Gracias a ello podemos observar la luz emitida por una estrella lejana hace tanto tiempo que quizás esa estrella haya desaparecido ya. O enterarnos de un suceso que ocurre a miles de kilómetros prácticamente en el instante de producirse.



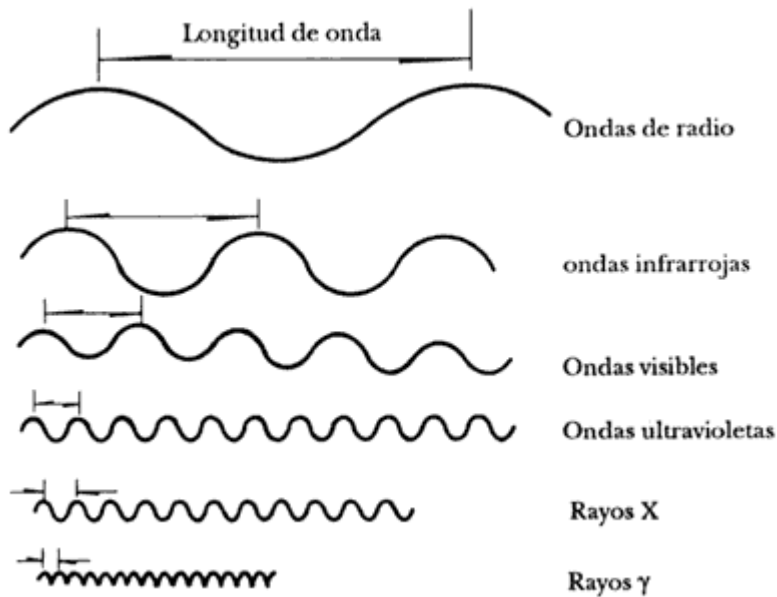
Las ondas electromagnéticas se propagan mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos. Los campos electromagnéticos al "excitar" los electrones de nuestra retina, nos comunican con el exterior y permiten que nuestro cerebro "construya" el escenario del mundo en que estamos.

Las O.E.M. son también soporte de las telecomunicaciones y el funcionamiento

complejo del mundo actual.



Por mecanismos de propagación se entienden los procesos físicos que intervienen en la propagación de las ondas electromagnéticas: principalmente atenuación, reflexión especular, reflexión difusa, difracción, refracción y dispersión. El caso más simple de propagación radioeléctrica se tiene cuando la onda viaja entre el transmisor y el receptor en el espacio libre, entendiéndose por tal a una región cuyas propiedades son isotrópicas, homogéneas y sin pérdidas.



En estas condiciones, las ondas electromagnéticas no encuentran obstáculos con los que interactuar y, en una primera aproximación, esta definición se aplica al espacio extraterrestre. En el espacio libre es válido asumir que las ondas electromagnéticas se propagan en línea recta entre el transmisor y el receptor y se les designa como ondas directas.

Esta forma de propagación por onda directa se da en sistemas en que el transmisor y el receptor están suficientemente alejados de la superficie terrestre y las antenas son suficientemente direccionales como para que la energía radiada fuera de la trayectoria directa no sea significativa, como en el caso de los radio enlaces terrestre de microondas y particularmente en los sistemas de comunicaciones por satélite o con otro tipo de vehículos espaciales. En el caso de comunicaciones por onda directa a través de la atmósfera, incluyendo los radio enlaces de microondas y las comunicaciones espaciales, la onda directa puede sufrir refracciones, difracciones, dispersión y rotación del plano de polarización.

2.2. Tipos de entornos.

Entorno urbano

Uno de los problemas más interesantes de la Geografía urbana es, sin duda, el de la misma definición de lo "urbano", el de la definición de la ciudad. Es, además, un problema fundamental, ya que si no fuéramos capaces de identificar con precisión las características de este fenómeno como algo sustancialmente diferente de lo "rural", es claro que la misma existencia de una rama de la Geografía dedicada a

su estudio podría carecer, en último término, de sentido.

Si en épocas pasadas, anteriores a la Revolución industrial, la distinción entre lo rural y lo urbano, entre el campo y la ciudad, era, probablemente, neta e indiscutible, dicha distinción parece hoy mucho menos clara. En efecto, el desarrollo de los medios de comunicación en su sentido más amplio, es decir, de los medios de transporte y de los de transmisión de mensajes e información; la desaparición de las antiguas servidumbres de localización de la actividad económica ante las posibilidades actuales de distribución y división de energía; la homogeneización de muchas pautas de comportamiento, de formas de vida y de actitudes en relación con la elevación del nivel de vida y la acción generalizada de los medios de comunicación de masas, han contribuido en los países industrializados a borrar muchas de las antiguas diferencias entre ciudad y campo, haciendo confusa y problemática esta distinción. Es por ello por lo que no resulta ocioso plantear y discutir el problema de la definición de la ciudad, de los caracteres que se han atribuido al hecho urbano, para ver si continúa siendo posible seleccionar esta realidad como un objeto específico de nuestras investigaciones.

En general se clasifica el entorno en cuatro clases:

- Zona rural.
- Sub-urbano.
- Urbano
- Urbano denso

Se pueden desarrollar modelos específicos para cada tipo de entorno. Sin embargo existen clasificaciones más objetivas donde intervienen:

La densidad de superficie de los edificios.

El volumen medio de los edificios.

Altura media.

2.3. Características de los modelos de propagación.

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado.

Generalmente los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos o estadísticos, teóricos o determinísticos o una combinación de estos dos (semi - empíricos).

Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio. Los modelos de propagación predicen la pérdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor sea móvil o fijo. La ventaja de modelar radio canales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor (Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos (especificaciones técnicas).

El desempeño de los modelos de propagación se mide por la veracidad de los resultados en comparación con medidas de campo reales. Los modelos descritos en este artículo tienen una buena correlación en cuanto a las comparaciones mencionadas tanto a nivel de simulación como en mediciones de campo. La aplicabilidad de un modelo depende de las especificaciones que este mismo requiera tal como son: el tipo de terreno (montañoso, ondulado o cuasi liso), las características del ambiente de propagación (área urbana, suburbana, abierta), Características de la atmósfera (índice de refracción, intensidad de las lluvias), propiedades eléctricas del suelo (conductividad terrestre), tipo del material de las construcciones urbanas etc.

Para una topografía muy irregular y accidentada como la andina y específicamente la del eje cafetero, los modelos con mejor desempeño son los que estiman pérdidas por difracción utilizando el modelo clásico de filo de cuchillo sus distintas variaciones para la extensión a múltiples filos de cuchillo (i.e Epstein-Peterson, Deygout, Bullington, etc.), estos modelos analizan punto por punto la trayectoria entre Tx-Rx, identificando las pérdidas causadas por los obstáculos principales y adicionándolas a la solución de Friis. Resultados logrados en convenios con EMTLSA.ESP (Empresa de Telefonía y Servicios Agregados) y la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, han sido satisfactorios, mostrando buenas aproximaciones entre resultados reales y medidos alrededor de los 8 y menos decibeles siempre con sobre estimación de las pérdidas por parte de los modelos.

Características de los modelos de propagación.

Existen numerosos modelos de propagación. Para la correcta implementación del sistema se requiere revisar un modelo que interprete la mayor cantidad de variables posibles, y así poder configurarlo lo más posible a la situación real.

Los modelos seleccionados, son los más usados en la predicción de alcances máximos en redes móviles para ambientes urbanos y frecuencias mayores a los 2000 MHz, los modelos son los siguientes:

Modelo de propagación en el espacio libre:

Usado para línea vista en espacios abiertos, sin mucha interferencia.

Modelo Okumura:

Usado para propagación en ambientes urbano, basado en pruebas empíricas.

Modelo Okumura-Hata:

Massaharu Hata alteró el modelo de Okumura para ambientes urbanos. Modelo valido para frecuencias de hasta 1500 MHz, por lo cual no será utilizado en este estudio, sólo es mencionado por ser la base del modelo COST 231.

Modelo COST 231:

Extensión de frecuencia del modelo Okumura-Hata. Este modelo es uno de los más ocupados para el cálculo de enlaces móviles. Todos los modelos de propagación tienen una alta tolerancia, lo que le resta cierta validez a los resultados entregados por dichos modelos. La forma más efectiva para estimar las distancias de los enlaces es mediante modelos de propagación y luego pruebas en terreno. En resumen, los modelos de propagación son la primera aproximación del resultado real. A continuación se describirán estos modelos indicando las ecuaciones que se ocupan para el análisis.

2.4. Aplicaciones del modelo de propagación adecuado a un entorno específico.

En el caso de los sistemas radioeléctricos de interiores, la predicción de la propagación difiere en cierta medida de la que se efectúa en relación con los sistemas de exteriores. El objetivo, como sucede en el caso de los sistemas de exteriores, es garantizar una cobertura eficaz de la zona deseada (para garantizar un trayecto fiable, cuando se trata de sistemas punto a punto) y evitar la interferencia tanto dentro del sistema como con otros sistemas. No obstante, en interiores la cobertura depende notablemente de la geometría de los edificios, cuyos límites afectan además a la propagación. Aparte de la reutilización de frecuencias en el mismo piso de un edificio, suele ser necesario reutilizar una frecuencia entre diferentes pisos del mismo edificio, por lo cual hay que considerar una tercera dimensión en las cuestiones de interferencia. Por último, la gama de ondas muy cortas, especialmente cuando se utilizan frecuencias de ondas milimétricas, implica que los pequeños cambios en el entorno inmediato del trayecto radioeléctrico pueden afectar sustancialmente a las características de propagación.

Debido a la complejidad de estos factores, sería necesario un conocimiento detallado del lugar de instalación como por ejemplo, geometría, materiales, mobiliario y normas de utilización previstas, para proyectar concreta mente un sistema radioeléctrico en interiores. No obstante, durante la planificación inicial de un sistema hay que estimar el número de estaciones de base necesarias para proporcionar cobertura a estaciones móviles diseminadas dentro de la zona y estimar la interferencia que puede ocasionarse a otros servicios o producirse entre los sistemas. Para esa planificación de sistemas se necesitan modelos que representen en general las características de propagación en ese entorno. Ahora bien, el modelo no debe exigir la aportación de un gran volumen de información por parte del usuario para poder efectuar los cálculos necesarios.

Aplicaciones del modelo Walfisch- Bertoni a zonas urbanas

Modelo semi-empírico, utilizado en zonas urbanas con terreno casi liso basado en la geometría de las construcciones (espaciamiento y altura) entre Tx-Rx. La Figura 4 muestra una comparación del modelo con mediciones realizadas en Filadelfia por Ott y Plitkins [7] para diferentes valores de H , donde H se define como la diferencia entre la altura de la antena de estación base con respecto al nivel de tierra y el nivel promedio de edificaciones, ($H > \text{Prom. de edificaciones}$) utilizando una frecuencia de 820 MHz.

Se utilizaron 6 antenas fijas con alturas que van desde los 45 hasta los 255 pies (13.7 hasta 77.7 m). La potencia radiada más las ganancias de las antenas fue de 23.3 dB. La altura máxima de las edificaciones en los alrededores de las estaciones móviles fue en promedio de 30 pies (9.1 m). La altura de la antena móvil fue 5 pies (1.5 m). Los puntos representan el nivel de señal recibida en dBm

por sectores en función de la distancia en millas a partir del transmisor. Las antenas transmisoras se ubicaron en terrazas, cada gráfica tiene la altura H especificada.

Se puede observar que en las dos primeras graficas hay poca correspondencia con la teoría debido a la gran cantidad de edificaciones altas de dichos centros urbanos; las otras cuatro graficas muestran una mejor correspondencia debido a que las mediciones fueron hechas en lugares más lejanos a los centros urbanos. En los datos medidos por Ott y Plitkins se obtuvo un rango de dependencia de aproximadamente 36.8 dB/década. Nótese que el modelo obtuvo un rango de dependencia de 38 dB/década lo cual demuestra la aplicabilidad del modelo. En esta simulación, el promedio de altura de construcciones se toma como 10.6 m que es una altura típica de una casa con 3 pisos y una terraza en ambiente suburbano. El valor de pérdida por trayectoria para el modelo a 4.96 km es 120.78 dB mientras que ese valor es 123.88 dB para el modelo de Hata. Este grafica demuestra que la propagación tiene lugar sobre las construcciones, con la difracción en las azoteas dirigida al móvil.