

Las interferencias y los ruidos

Fading

Viene del verbo inglés "to fade", que significa debilitarse.

Debilitamiento progresivo, esporádico o prolongado de una señal. Se manifiesta por los puntos de nieve en la imagen y pequeñas perturbaciones en el sonido. El fading puede ser causado por el debilitamiento de las señales de emisión o ciertas perturbaciones atmosféricas o electromagnéticas.

En TDT, sobre todo en las costas, el efecto fading produce una variación sustancial de la señal recibida en la antena, que tiende a ser de menor calidad que la que se recibe cuando hay lluvia. Dicho efecto amplifica las señales analógicas hasta tal punto que en verano se pueden ver más canales de la cuenta en el televisor. Pero en la TDT las gotas de agua de vapor, que se condensan después, produce un apantallamiento en el camino de las ondas.

Es por ello que las señales pixelan más en verano que en el invierno. Además el calor produce la interferencia más indeseable, que es el ruido blanco, producido por la evaporación de agua que interfiere entre el suelo y la antena.

Cuando llueve, en invierno o en verano, las temperaturas bajan sustancialmente y las gotas de agua crean un camino de gotas que no impiden el paso total de la onda, sino que la rebota entre las mismas, con un efecto amplificador y casi cancelador de ecos, no afectando al intervalo de guarda.

Además, cuanto más baja es la temperatura en el dipolo de la antena receptora, mejor es la recepción. Es por ello que en verano perdemos los canales de la TDT y no en el invierno. El efecto fading añadido a ruido blanco es igual a no recibir nada por la TDT en las zonas de costa.

Ruido Blanco: En esencia, ruido blanco es una señal de naturaleza aleatoria que presenta un espectro plano, de forma semejante a la luz blanca, la cual contiene todo el espectro de colores y conteniendo a su vez todas las frecuencias audibles.

Se escucha como un ssssssss, tal como se escucha en un receptor de radio en frecuencia modulada cuando no se modula la portadora o no hay una emisora sintonizada. La implantación de la Televisión Digital Terrestre en la provincia no sólo se ha encontrado con problemas en las zonas de sombra. A ella se suman dos fenómenos más que traen de cabeza a comunidades de vecinos y a empresas instaladoras en la recta final del encendido digital. Se trata del "fading" y el "solape", dos alteraciones de la frecuencia que consiguen que alrededor de un 30% de los receptores domésticos pierdan algunas de las cadenas nacionales más populares.

El "solape" o solapamiento es el problema más común de la televisión digital. Al contrario que el "fading", se trata de un defecto congénito de la TDT desde su nacimiento que se ha ido complicando con la aparición de nuevos repetidores de señal para reforzar a los principales. El solape se produce sobre todo en edificios altos que reciben señal de varios emisores. De esta manera, la señal de los paquetes TDT nacionales, de frecuencia más alta y más delicada, chocan y provocan que el receptor no pueda reproducir las imágenes si los receptores no están bien ajustados, algo que "suele ocurrir".

El solape afecta, al contrario que la zona de sombra, a los edificios más altos con independencia de si se encuentran en el interior o en la costa. Pero el litoral cuenta con una desventaja añadida para poder ver bien la nueva televisión. Se trata del fading, que se produce cuando la señal viaja por masas de agua y no por tierra. Las ondas chocan en el mar, se polarizan y cuando llegan a la antena la onda que viene rebotada anula a la otra". Los canales más afectados por este fenómeno son los de frecuencia más alta

habitualmente.

Fading: Fluctuaciones que son debidas a reflexiones de señal causadas por las masas de humedad que se evaporan en el Mar. Esta "BRUMA" a veces invisible provoca que la señal rebote en las partículas de agua evaporadas, reduciendo la calidad de imagen en la televisión analógica (sombras nieve e interferencias). En el caso de la TDT esa pérdida de señal no se detecta en el televisor hasta que alcanza valores que hacen imposible la recepción (efecto muro).

Efecto muro: Es consecuencia de la manera que se procesan las señales digitales. Complicados algoritmos previstos en la norma DVB-T se encargan de reconstruir la señal en el receptor y recuperar partes de la imagen perdidas en el camino del repetidor a la antena. Cuando la pérdida de datos (datos formados por ceros y unos) hace imposible la reconstrucción de la imagen se produce el efecto muro. La imagen y el sonido se entrecorta y aparece el temido cartelito en la pantalla del televisor "NO HAY SEÑAL".

Una de las causas más importante de indisponibilidad de los enlaces de radio con portadoras superior a los 9, o 10 Ghz, es la atenuación por lluvia. Por debajo de esta frecuencia es el fading selectivo producido por los caminos múltiples atmosféricos la principal causa de indisponibilidad. No es que no se produzcan este ultimo fading en los enlaces de más de 10Ghz, solo que la lluvia intensa es más importante, además la lluvia intensa y los caminos múltiples no pueden ser contemporáneos, pues la lluvia hace homogéneo el medio de transmisión y por ello con lluvia intensa no pueden existir también caminos múltiples, en el mismo tramo.

El fading por lluvia es un fading plano, afecta a toda la banda, pero solo es la lluvia con gotas gordas las que hacen daño, ¿por qué?.

El agua de lluvia es un agua casi pura, y por ello presenta características de difracción (difusión), casi perfectas, produciendo por ello la atenuación por lluvia, por ello el granizo, la nieve y por supuesto la lluvia fina producen muy poca atenuación, el granizo y nieve no difunden el haz, produce atenuación por difracción debido a obstáculos, y la lluvia fina no le hace daño, ya que es la relación de la longitud de onda y el diámetro de la gota lo que hace que se produzca atenuación, y como $c = \text{longitud de onda por la frecuencia}$, si aumenta la frecuencia disminuye la longitud de onda, por ello habrás oído hablar de las ondas decimétricas, métricas, centimétricas, milimétricas e incluso las nanométricas en la transmisión por fibra. Pues bien cuando la longitud de onda se aproxima a al diámetro de la gota, se produce la atenuación por lluvia, con ondas centimétricas, frecuencias relativamente bajas, las gotas tendrían que ser de centímetros de diámetro, pero si hay gotas de milímetros y por ello si se ve muy afectada las ondas milimétricas ya que si se pueden presentar gotas de milímetro.

La polarización (vertical y horizontal) de las ondas no es ni más ni menos que la posición relativa del vector campo eléctrico respecto al iluminador de la antena usada, por ello se habla de ondas polarizadas vertical y horizontalmente. En la caída de la gota por el espacio y debido a su peso y rozamiento la gota se achata horizontalmente, (como una mandarina), presentando más diámetro en horizontal que en vertical, de ahí que la polarización vertical sea más resistente a la lluvia que la horizontal. Pero en cualquier caso si la lluvia es intensa y la frecuencia alta la atenuación a una onda polarizada verticalmente es un poco menor que a la horizontal, es decir también se corta el enlace.

Transmisión de Señales

Una señal consiste en una serie de patrones eléctricos u ópticos que se transmiten de un dispositivo conectado a otro. Estos patrones representan bits digitales y se transportan a través de los medios como voltaje o como patrones luminosos. Cuando las señales llegan al destino, se vuelven a convertir en bits digitales.

Existen tres métodos comunes de transmisión de señales:

- **Señales eléctricas** : La transmisión se logra representando los datos como pulsos eléctricos sobre cables de cobre.
- **Señales ópticas** : La transmisión se logra convirtiendo las señales eléctricas en pulsos luminosos.
- **Señales inalámbricas** : La transmisión se logra utilizando infrarrojo, microondas, u ondas de radio a través del espacio libre.

Las señales que llegan al otro extremo del cable deben guardar un gran parecido con las que ingresaron al cable. Si algo le ocurre a la señal en el camino que reduzca su fuerza o modifique su forma, la señal recibida puede resultar incomprensible. La degradación de una señal se puede producir por varias razones. Se puede deber a problemas físicos en el cable mismo, o a ruidos internos o externos que interfieran con la señal a medida que viaja por el medio.

Uno de los mayores obstáculos que puede encontrar una señal es el esfuerzo necesario para pasar por el medio. Esto se denomina resistencia. La resistencia tiende a reducir la fuerza de una señal. Cuando esto sucede, se lo llama atenuación. El ruido es otra causa de distorsión y degradación. El ruido puede estar provocado por señales eléctricas, ondas de radio o microondas, o puede provenir de señales en cables adyacentes.

Factores que Afectan la Transmisión

- Atenuación
- Distorsión
- Pérdida en el espacio libre (Free space loss)
- Ruido
- Absorción atmosférica
- Multi trayecto (Multipath)
- Refracción
- Ruido termal

Atenuación

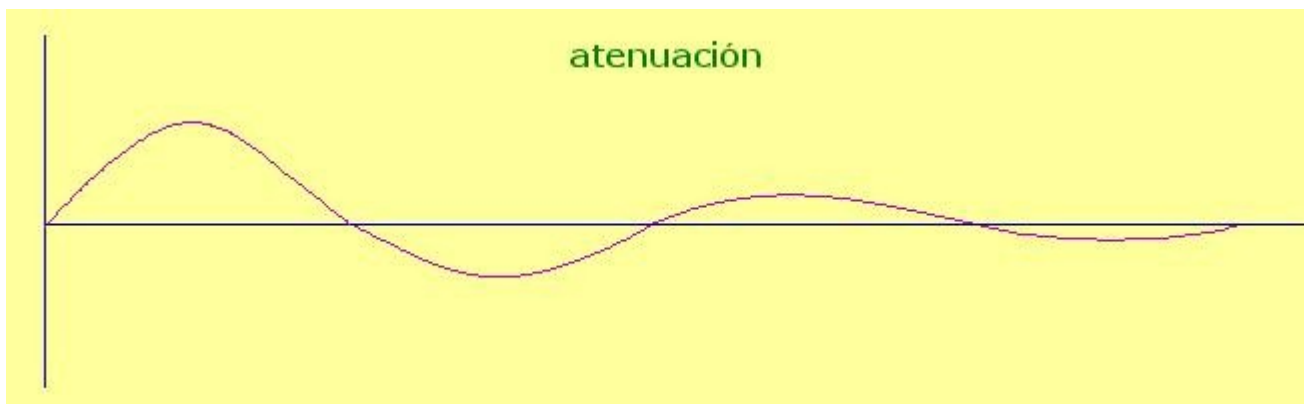
Atenuación es un término general que se refiere a toda reducción en la fuerza de una señal. La atenuación se produce con cualquier tipo de señal, sea digital o analógica. La atenuación, que a veces

también se menciona como pérdida, es un fenómeno natural que se produce en la transmisión de señales a grandes distancias. Puede afectar a una red, debido a que limita la longitud del cableado de red por el cual se puede enviar un mensaje. Si la señal recorre grandes distancias, es posible que los bits no se puedan discernir ó distinguir para cuando alcancen su destino. Cuando es necesario transmitir señales a grandes distancias por medio de un cable, se puede instalar uno o más repetidores a lo largo del cable.

Los repetidores le dan más fuerza a la señal para superar la atenuación. Esto aumenta en gran medida el rango máximo alcanzable de comunicación.

La atenuación también se produce con las señales ópticas. La fibra absorbe y esparce parte de la energía luminosa a medida que el pulso luminoso viaja por la fibra. En ésta, la atenuación se puede ver influenciada por la longitud de onda o el color de la luz, por el uso de fibra monomodo o multimodo, y por el vidrio que se utilice para fabricar la fibra. Aun cuando se optimicen estas opciones, es inevitable que se produzca cierto grado de atenuación.

También afecta a las ondas de radio y las microondas, debido a que éstas se absorben y se esparcen en la atmósfera. Esto se denomina dispersión. Las reflexiones de las distintas estructuras en la vía de la señal también repercuten en la confiabilidad de las señales de radio y provocan atenuación.



En resumen en la Atenuación :

- La fuerza de la señal decrece con la distancia.
- La señal recibida debe tener la suficiente fuerza para ser interpretada correctamente por el receptor.
- La señal debe mantener un nivel más alto que el ruido para ser recibido sin error.
- Si la atenuación es más alta a altas frecuencias causa distorsión

El Ruido

El ruido consiste en la energía eléctrica, electromagnética o de frecuencia de radio no deseada que puede degradar y distorsionar la calidad de las señales y las comunicaciones de todo tipo.

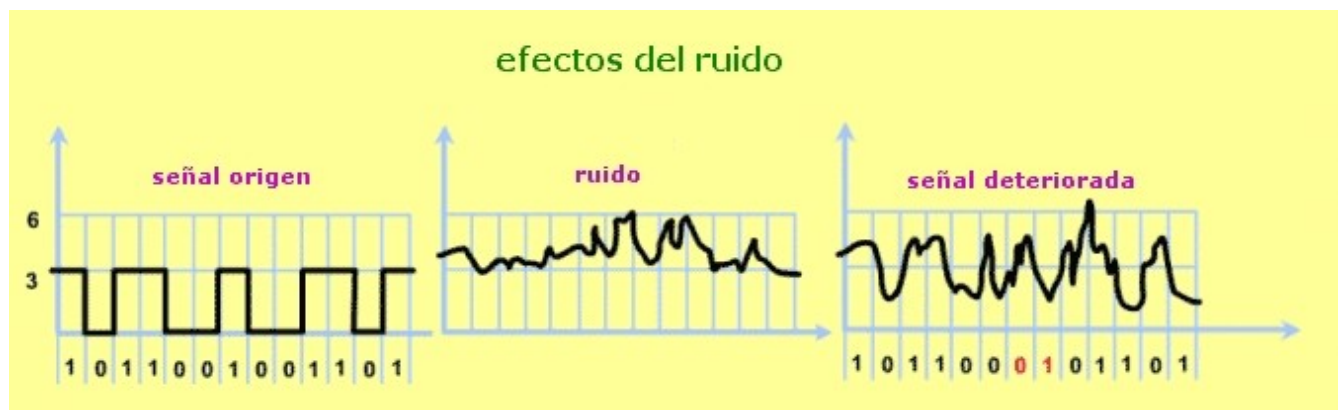
El ruido se produce en los sistemas digitales y analógicos. En el caso de las señales analógicas, la señal

se vuelve ruidosa y adquiere un sonido de raspado. Por ejemplo, una conversación telefónica se puede ver interrumpida por los ruidos en el fondo de la línea. En los sistemas digitales, los bits a veces pueden fusionarse, y, en estos casos, la computadora de destino ya no es capaz de distinguirlos. Como resultado, se produce un aumento en la tasa de errores de bit, es decir, la cantidad de bits distorsionados a tal punto que la computadora de destino lee el bit de forma incorrecta. Una señal digital claramente definida no siempre llega al destino sin alguna alteración. Puede producirse ruido eléctrico en la línea. Cuando las dos señales se juntan, pueden fusionarse en una nueva señal. El dispositivo receptor puede interpretar la señal clara original de forma incorrecta.

Además, las señales que son externas a los cables, como las emisiones de los transmisores de radio y los radares, o los campos eléctricos que emanan de los motores eléctricos y los accesorios de luz fluorescente, pueden interferir con las señales que están viajando por los cables. Este ruido se denomina Interferencia Electromagnética (EMI) cuando se origina en fuentes eléctricas, o Interferencia de Radiofrecuencia (RFI) cuando se origina en fuentes de radio, radar o microondas.

Los sistemas ópticos e inalámbricos sufren estos tipos de ruidos pero son inmunes a otros. Por ejemplo, la fibra óptica es inmune a la mayor parte de los tipos de diafonía (interferencia proveniente de cables adyacentes) y a los ruidos relacionados con la alimentación de CA, y los problemas de referencia de las conexiones a tierra. Las ondas de radio y las microondas son inmunes también, pero pueden verse afectadas por transmisiones simultáneas en frecuencias de radio adyacentes.

En el caso de los enlaces de cobre, el ruido externo que captan proviene de los aparatos eléctricos cercanos, de transformadores eléctricos, de la atmósfera, e incluso del espacio exterior. Durante fuertes tormentas eléctricas o en lugares donde hay muchos aparatos eléctricos en uso, el ruido externo puede afectar las comunicaciones. La mayor fuente de distorsión de señales, en el caso de los cables de cobre, se produce cuando las señales inadvertidamente se salen de un alambre dentro del cable y se pasan a otro adyacente. Esto se denomina diafonía.



Tipos de Ruido :

- **Crosstalk** : No deseable en el acoplamiento de el camino de las señales.
- **Ruido Blanco** : Ruido constante dentro del sistema.
- **Distorsión** : Deformación de la señal producida porque el canal se comporta

de forma distinta en cada frecuencia. Tipos de Distorsión:

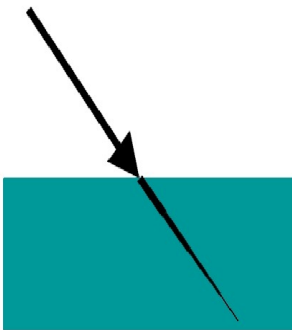
- **Distorsión por atenuación:** Ocurre cuando las altas frecuencias pierden potencia con mayor rapidez que las frecuencias bajas durante la transmisión, lo que puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes. La pérdida de potencia está en función del método y medio de transmisión. Además, la atenuación aumenta con la frecuencia e inversamente con el diámetro del alambre. Este problema se evita con estaciones repetidoras que refuercen la señal cuando sea necesario.
- **Distorsión por retraso:** Ocurre cuando una señal se retrasa más a ciertas frecuencias que a otras. Si un método de transmisión de datos comprende datos transmitidos a dos frecuencias distintas, los bits transmitidos a una frecuencia pueden viajar ligeramente más rápido que los transmitidos en la otra. Existe un dispositivo llamado igualador (o ecualizador) que compensa tanto la atenuación como la distorsión por retraso.
- **EMI y RFI** : Algunas de las fuentes externas de impulsos eléctricos que pueden atacar la calidad de las señales eléctricas del cable son los accesorios de iluminación, los motores eléctricos y los sistemas de radio. Estos tipos de interferencia se denominan interferencia electromagnética (EMI) e interferencia de radiofrecuencia (RFI). Todo dispositivo o sistema que genere un campo electromagnético tiene la capacidad de causar interrupciones en el funcionamiento de los componentes, los dispositivos y los sistemas electrónicos cercanos. Este fenómeno se denomina interferencia electromagnética (EMI). Los transmisores inalámbricos de potencia moderada o alta producen campos EMI lo suficientemente fuertes como para afectar el funcionamiento de los equipos electrónicos cercanos. Es posible minimizar los problemas con la EMI asegurándose de que todos los equipos electrónicos se operen con una buena conexión eléctrica a tierra en el sistema. También es posible instalar filtros de línea especializados en los cables de alimentación y los cables de interconexión para reducir la susceptibilidad de algunos sistemas a la EMI.
- **Ruido de la conexión a tierra de referencia** : Son las interferencias en el sistema de datos debido a que el chasis de un dispositivo informático sirve como la conexión a tierra de referencia de señal y como conexión a tierra de la línea de alimentación de CA.
- **Ruido de la línea de alimentación de CA** : Se origina debido a los campos eléctricos y magnéticos producidos por la corriente alterna que circula por el cableado de alimentación común en casas, empresas, etc. Como consecuencia, dentro de estos edificios, el ruido de la línea de alimentación de CA se encuentra en todo el entorno. Si no es tratado correctamente, el ruido de la línea de alimentación puede representar un gran problema para una red.

Señales que interfieren entre el transmisor y el receptor

- **Ruido térmico** : Debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor.
- **Ruido de intermodulación** : Cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión. La interferencia es causada por la señal resultante que tiene un frecuencia igual a la suma o diferencia de la frecuencia original.
- **Ruido impulsivo** : Son pulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal . Causado por disturbios electromagnéticos o equipos con fallas.

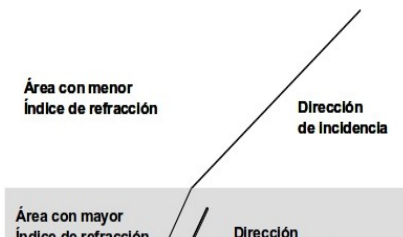
- **Diafonía** : Debido a la proximidad entre líneas (corrientes inducidas). Cuando el ruido eléctrico del cable tiene origen en señales de otros alambres del cable. Ejemplo: Cuando dos hilos están colocados uno muy cerca del otro y no están trenzados, la energía de un hilo puede trasladarse al hilo adyacente y viceversa. Se puede controlar mediante el cumplimiento estricto de los procedimientos de terminación estándar y el uso de cables de par trenzado de buena calidad. Se divide en NEXT: Cuando la señal inducida vuelve y es percibida por el emisor. La FEXT: La señal inducida es percibida en el lado receptor, es mas débil que el NEXT.
- **Eco** : Rebote de la señal en el receptor.

La Absorción



- La absorción ocurre cuando un objeto disminuye la intensidad de la radiación incidente.
- El vapor de agua y oxígeno contribuyen a la atenuación de las señales.
- A frecuencias menores a los 15 GHz la atenuación es menor.
- La lluvia y niebla causa atenuación.
- El agua absorbe rápidamente las ondas electromagnéticas, así como muchas otras sustancias.
- La energía absorbida generalmente se transforma en calor.

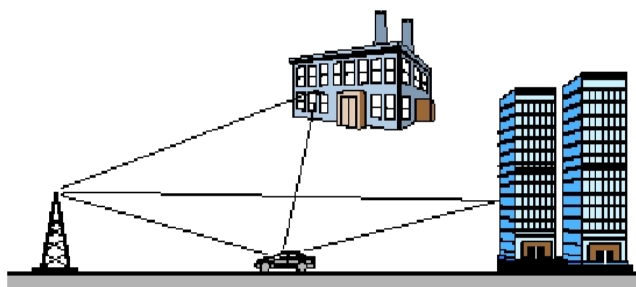
La Refracción



- Refracción – inclinación de la microondas por la atmósfera
- La velocidad de las ondas electromagnéticas es una función de la densidad del medio.
- Cuando el medio cambia, la aceleración cambia



(a) Microwave line of sight



(b) Mobile radio

Multitrayecto

Los obstáculos reflejan las señales causando que múltiples copias con diferentes retardos sean recibidas.

Dependiendo de las diferencias en las longitudes de las ondas directas y reflejadas, la señal compuesta puede ser más larga o más pequeña que la señal directa.

En la telefonía móvil hay muchos obstáculos.

En otros casos como satélites y microondas las antenas pueden ser localizadas donde no existan muchos obstáculos cercanos.

Desvanecimiento – Fading

Es usado para describir las fluctuaciones rápidas en las amplitudes, fases o retardos de una señal de radio en un período corto de tiempo o distancia de viaje.

El desvanecimiento es causado por la interferencia entre dos o más versiones de la señal transmitida que llega al receptor en tiempos ligeramente diferentes.

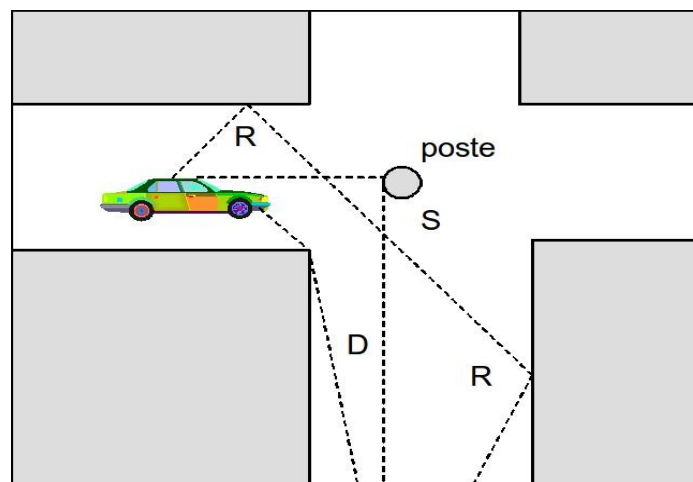
La señal recibida denominada onda multitrayecto puede entonces variar significativamente en sus características.

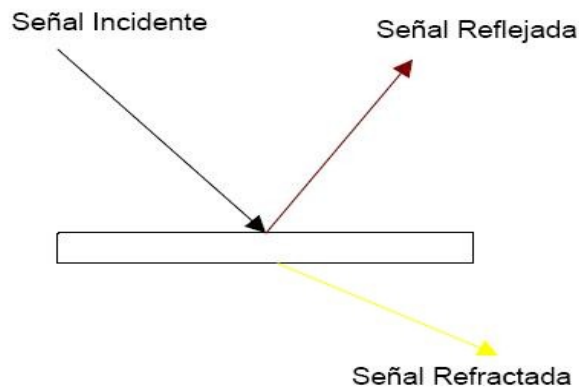
Muchos factores pueden causar el desvanecimiento:

- Propagación de multitrayecto.
- Velocidad del usuario móvil.
- Velocidad de los objetos alrededor del radio del canal.

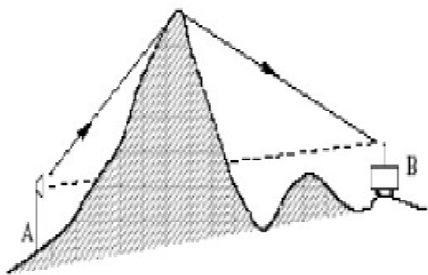
Desvanecimiento – Propagación de Multitrayecto

- **Reflexión** : Cuando la señal encuentra una superficie que es larga comparado con la longitud de onda de la señal.
- **Difracción** : Ocurre en los lados de un cuerpo impenetrable que es largo comparado con la longitud de onda de la onda de radio.
- **Scattering** : Cuando la señal tropieza un cuerpo cuyo tamaño está en el orden o es menor que la longitud de onda de la señal.





Desvanecimiento - La difracción



La difracción es uno de los factores que explican la cobertura en sitios visualmente bloqueados.

Los objetos agudos causan mucha más difracción que los de bordes suaves.

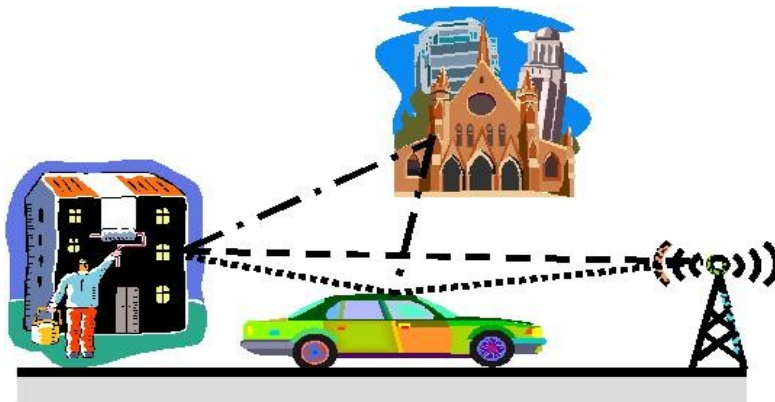
El frente de onda es frenado por el obstáculo, mientras que el resto prosigue con la misma velocidad.

Desvanecimiento: Efectos de la Propagación Multitrayecto

Múltiples copias de una señal pueden llegar a diferentes fases.

Las ondas de radio provenientes de diferentes direcciones llegan con diferentes retardos.

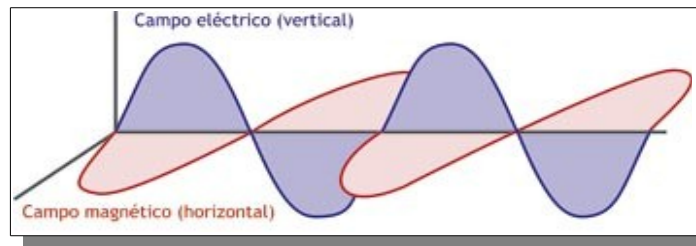
Así, la señal recibida por el usuario móvil puede consistir de un número de ondas con aleatorias características de onda que pueden combinarse vectorialmente en la antena del receptor causando distorsión o pérdida.



Las Antenas

Esa electricidad que caía del cielo inspiró a muchos inventores que se preguntaban sobre el origen de aquellas misteriosas descargas. Pero no sólo los rayos los tenían intrigados. La luz del sol provocaba otra interrogante. Algunos consideraban imposible que la luz viajara en el vacío. Suponían que necesitaba algo físico para desplazarse, igual que el sonido. Para explicarlo, imaginaron el éter, una especie de materia que llenaba el espacio. Pero el científico James Maxwell (1831-1879) demostró con sus ecuaciones que no hacía falta el éter. La luz estaba compuesta por ondas que eran una mezcla de campos eléctricos y magnéticos que se impulsaban por sí mismos. Eran ondas electromagnéticas que Maxwell logró dibujar sobre papel.

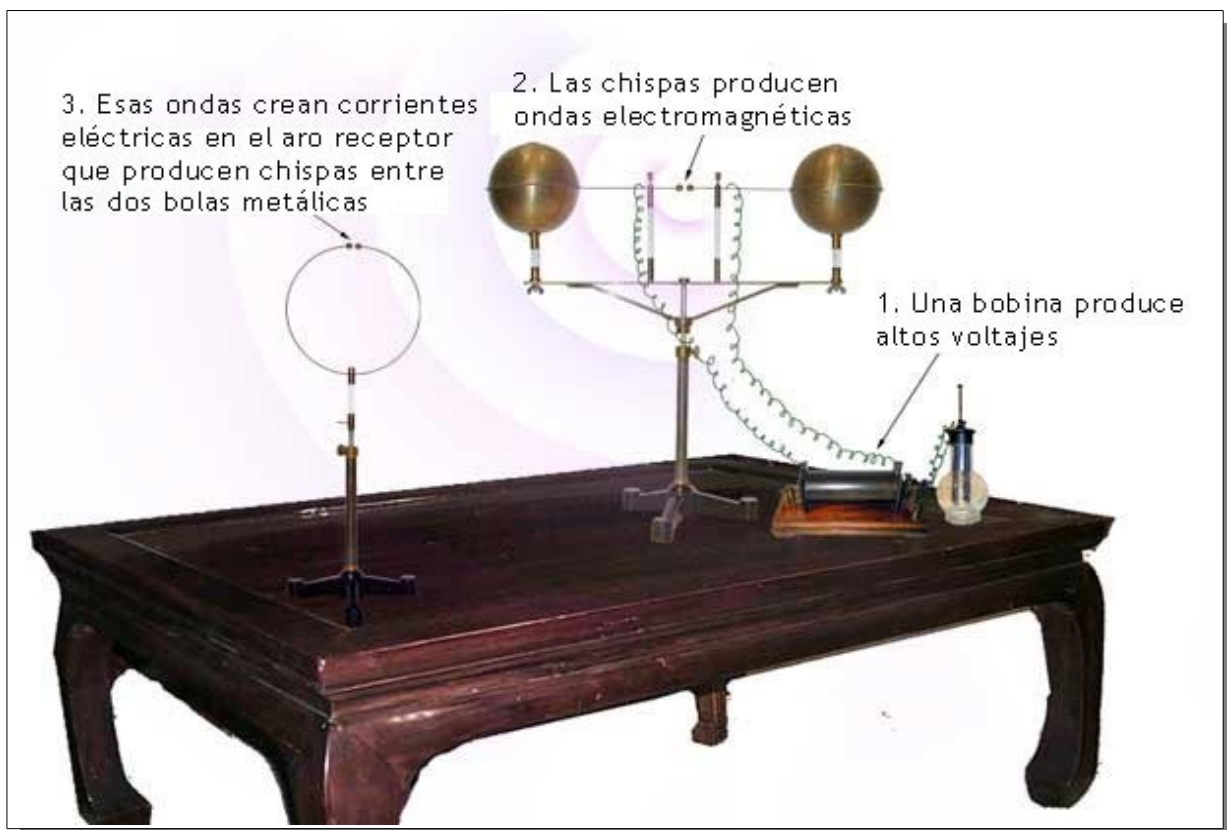
Precisamente, sobre el papel se pueden observar bien diferenciados los dos campos de una onda electromagnética. El vertical es el eléctrico (color azul), mientras que el magnético viaja de forma horizontal (color rojo). Esa combinación hace que los campos se vayan autoimpulsando entre ellos y las ondas puedan viajar miles de kilómetros.



El físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) fue el encargado de llevar del papel a la práctica las ecuaciones de Maxwell logrando, por primera vez en la historia, generar artificialmente ondas electromagnéticas.

Hertz se valió de un aparato como el de la imagen para darles vida. Colocó dos barras metálicas separadas con unas bolas, también de metal, en sus extremos. Al hacer circular corrientes eléctricas que variaban de forma brusca, saltaban chispas de una bolita a otra, apenas separadas por unos cuantos centímetros.

Mayúscula tuvo que ser la sorpresa del científico al ver que en un aro de metal abierto con dos bolitas en sus extremos que había colocado a poca distancia, también saltaban chispas. Este improvisado receptor no estaba unido de ninguna forma al otro dispositivo y tampoco estaba conectado a la corriente.



Generador de ondas inventado por Hertz. Visita el SparkMuseum para conocer más imágenes de este invento y otros que contribuyeron al desarrollo de la Radio. <http://www.sparkmuseum.com/>

Este “milagro” tenía una explicación científica que Hertz por fin comprobó. Las chispas que se producían entre las dos primeras barras creaban ondas electromagnéticas recibidas por el otro aro en el que volvían a saltar chispas debido a la electricidad que portaban esas ondas. Éstas, se propagaban a la velocidad de la luz. Hertz alejó el receptor y comprobó que a distancias mayores las ondas no eran capaces de llegar, pero no le preocupó. Suponía, y con razón, que aumentando la energía y el tamaño del receptor y el transmisor, las ondas llegarían más lejos.

El experimento de Hertz fue algo similar a prender un foco. Cuando hacemos pasar corriente por un filamento, se desprenden electrones que generan luz y podemos ver. En este caso, no era luz lo que generaban las chispas. Era un tipo de ondas que, aunque invisibles, estaban ahí y se desplazaban de un lugar a otro. La comprobación fueron las chispas en el aro receptor.

La mente brillante de Hertz imaginó que sería fácil usar estas ondas para transportar señales eléctricas, como los pulsos del alfabeto Morse, sin necesidad de cables. Las barreras físicas de la comunicación se rompieron ese día y se pusieron las bases de la transmisión inalámbrica. Ahora habría que seguir experimentado con las ondas electromagnéticas o hertzianas, como se llamaron en honor a su inventor.

Hoy en día, equipos muy mejorados, pero basados en el invento de Hertz, generan corrientes de alta frecuencia, en vez de chispas. Una antena las transforma en ondas electromagnéticas y así llegan los sonidos de la radio a nuestros hogares.

Pero no fue sólo Hertz, sino otros muchos científicos, quienes posibilitaron el invento de la radio. Para conocerlos, pasemos a la siguiente pregunta.

Pregunta ?

¿Por qué la polarización vertical es más resistente a efectos de lluvia que la polarización horizontal en microondas?