



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Propagación

Tecnología Electrónica
I.T.I.G.
Curso 2008/09

José M. Domínguez Legaspi
Paula M. Castro Castro
Tiago M. Fernández Caramés
Francisco J. Vázquez Araújo
José A. García Naya

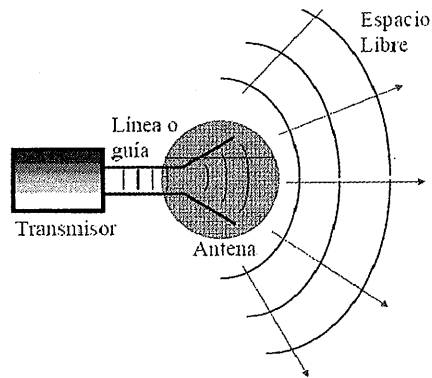


Radioenlace vs. línea de transmisión

- La combinación de una antena transmisora y una receptora permite el establecimiento de un RADIOENLACE.
- VENTAJAS de un radioenlace frente a un enlace mediante línea de transmisión o fibra óptica:
 - ✓ Permite enlaces "punto a multipunto" (un emisor y varios receptores) de forma muy sencilla.
 - ✓ No precisa tendido de líneas.
 - ✓ Los terminales pueden ser portátiles o móviles.
- INCONVENIENTES
 - ✓ La señal sufre una fuerte atenuación con la distancia y atenuaciones adicionales por la propagación en la atmósfera.
 - ✓ La antena transmisora interfiere electromagnéticamente con su entorno.
 - ✓ La antena receptora recoge ruido e interferencias presentes en su entorno, aparte de la señal recibida.

Elementos radiantes: Antenas

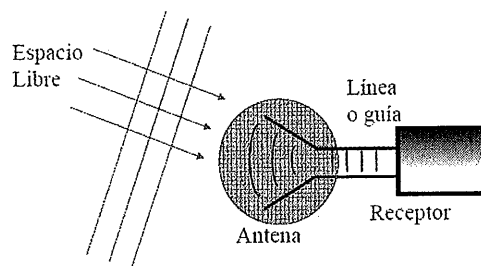
- Una antena transmisora es un dispositivo que permite la transición de la energía electromagnética desde un transmisor hasta el espacio libre.



Una antena no crea energía de radio frecuencia, pero enfoca la energía en un área o una dirección específica.

Elementos radiantes: Antenas

- Una antena receptora realiza el proceso inverso, permitiendo la transición de la energía electromagnética desde el exterior hasta un receptor.



Elementos radiantes: Antenas

- **Radiador isotrópico:** Antena ficticia y puntual capaz de radiar la misma potencia en todas las direcciones.

$$S = \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

- **Radiador directivo:** Antena que presenta la propiedad de radiar o recibir ondas electromagnéticas con mayor efectividad en ciertas direcciones.

Directividad: $D = \frac{S_{\max}}{P_T / 4\pi d^2}$

Ganancia directiva en la dirección de máxima radiación
Expresada en dBi vale $10\log D$

Elementos radiantes. Antenas

Ganancia de potencia:

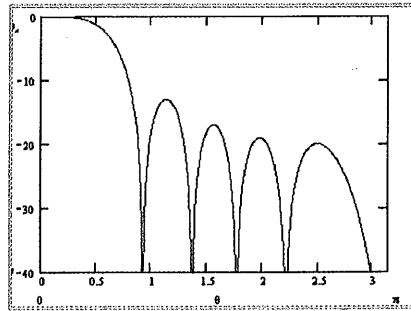
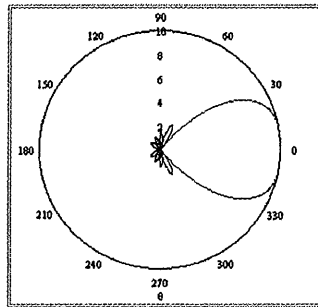
$$G = \eta_{\text{rad}} D$$

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente)

La PIRE se calcula conociendo la potencia del emisor y la ganancia de la antena y se expresa en decibelios de la forma:

$$10 \log (P_T G_T)$$

Elementos radiantes: Antenas



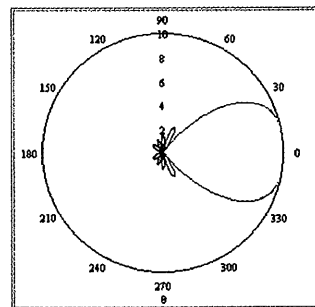
Diagramas de radiación

Diagramas tridimensionales. Curvas de nivel.

Elementos radiantes: Antenas

Anchos de HAZ (BeamWidth-BW)
 Entre nulos
 Entre puntos de potencia mitad (-3dB)
 Entre puntos a -10 dB

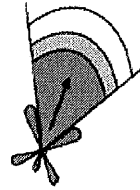
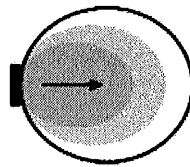
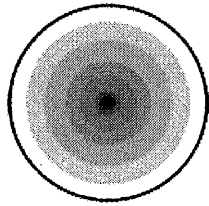
Lóbulos
 Principal
 Secundarios
 Laterales
 Posterior } SLL (Side Lobe Level)



Elementos radiantes: antenas

Tipos de antenas

- Omnidireccionales
- Direccionales



Elementos radiantes: Antenas

□ Omnidireccionales

- Este es el tipo de antena más común y que viene por defecto en muchos puntos de acceso.
- En este tipo de antenas se engloban también las antenas de las tarjetas PCMCIA, aunque el reducido tamaño de las tarjetas hace difícil crear antenas dentro de las tarjetas. Además tienen el problema de que dan una ganancia bastante baja y que tienden a ser muy direccionales, lo que hace que la potencia de la señal pueda cambiar drásticamente con pequeños cambios. Para este tipo de dispositivos lo ideal es que la antena esté fuera de la propia tarjeta.

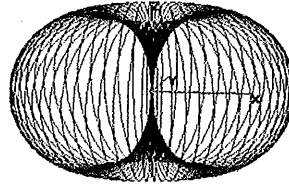
□ Direccionales

- Mayor ganancia.
- Transmiten la señal de radio en una única dirección. Concentran su energía en un cono denominado "haz".

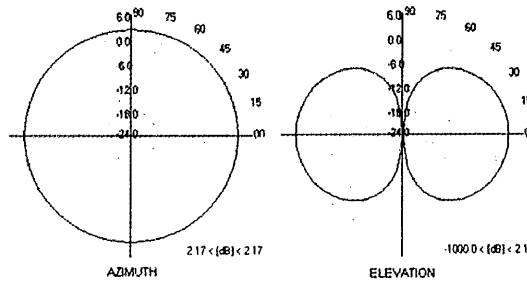
Por ejemplo, una antena con un ángulo de 30° sólo cubrirá una pequeña área de la que se encuentra delante suyo. Los objetos relativamente cercanos a la antena, pero que se encuentren "ladeados", quizás no tengan cobertura.

- Cuanto mayor es la ganancia, menor es el ángulo, y viceversa.

Elementos radiantes: Antenas



Antenas omnidireccionales

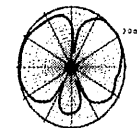
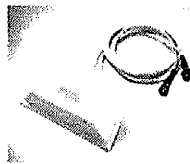
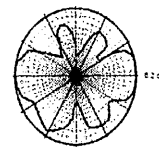


Elementos radiantes: Antenas

Antenas omnidireccionales

Ejemplos

- ✓ Una antena omnidireccional teórica de 0dBi, radiaría en forma de esfera, es decir, igual en todas las direcciones.
- ✓ Una antena de tipo dipolo (2.2dBi) sería una esfera algo más aplanada, es decir, radia menos energía verticalmente (hacia arriba, y hacia abajo).
- ✓ Una antena omnidireccional de 8dBi sería una esfera visiblemente plana, que concentra mucha energía en el horizonte, y radia poco verticalmente.
- ✓ Una omnidireccional de 15dBi tendría poco aspecto de esfera de lo aplanada que sería. Apenas radia energía verticalmente. En el caso de ponerla en lo alto de un edificio, puede que las plantas bajas del mismo o plantas bajas de edificios cercanos ni siquiera tengan cobertura. Imaginemos una omnidireccional teórica de 100dB. No sería una esfera, sino un disco. Sólo radia hacia el horizonte: es capaz de llegar muy lejos, pero sólo en una fracción del horizonte, con lo cual apenas ofrece cobertura. No existe tal antena, sólo es un ejemplo para que todo quede más claro.

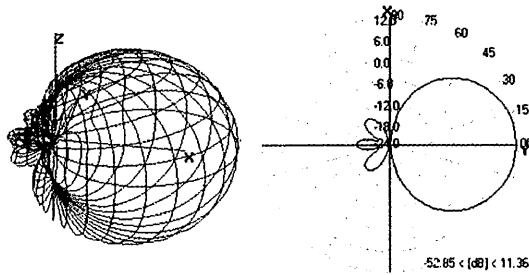


- ✓ Lo más habitual es que no sobrepasen los 12-15dBi.

- ✓ También concentran la energía, pero en vez de hacerlo en una sola dirección, lo hacen en el horizonte (horizontalmente). Cuanto mayor sea la ganancia de la antena, más energía se radia hacia el horizonte, y menos verticalmente.

Elementos radiantes: Antenas

Antenas
direccionales



Elementos radiantes: Antenas

Antenas
direccionales
Ejemplos

Parabólicas: Son un caso particular de las direccionales.

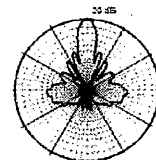
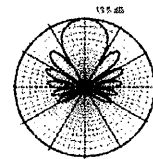
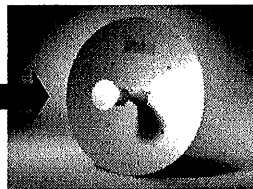
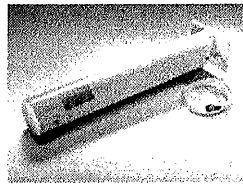
Partes que la componen:

Parábola: Paraboloide metálico en el cual rebotan las ondas provenientes de la alimentación, y se radian formando un ángulo muy pequeño entre si, formando un haz de ondas muy estrecho y concentrado.

Alimentación: Antena direccional convencional, que puede ser de diferentes tipos y de diferentes ganancias. Se debe colocar en el punto focal de la parábola.

Ganancia elevada, dependiendo de:

Tamaño de la parábola: más grande --> más ganancia
Tipo y ganancia de alimentación



Elementos radiantes: Antenas

Caracterización de la antena como receptora

- **Área de absorción o superficie equivalente**

Relaciona la potencia disponible en la antena receptora con la densidad de flujo incidente

$$A_R = \frac{P_R}{S_{\max}}$$

donde ϕ_i es la densidad de potencia a una distancia d: $S_{\max} = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2}$

En espacio libre existe una relación entre la ganancia directiva y el área equivalente de absorción.

$$A_R = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R$$

Balance energético del enlace

Fórmulas de Friis para el enlace

- Permite calcular el balance de potencia en un radioenlace formados por un sistema transmisor y un sistema receptor separados una distancia determinada.



- **Potencia recibida:** $P_R = A_R S_{\max} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R \frac{P_T G_T}{4\pi d^2}$

- **Ecuación de Friis:** $\frac{P_R}{P_T} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_R G_T$

- **Atenuación del enlace (dB):** $A = 10 \log \frac{P_T}{P_R}$

$$A = 32.45 + 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log d(\text{km}) - G_T(\text{dB}) - G_R(\text{dB})$$

Balance energético del enlace

- La ecuación de Friis anterior es válida teniendo en cuenta que:
 - Las antenas están orientadas en la dirección en la que presentan su máxima ganancia (no hay pérdidas debidas a desapuntamiento).
 - La antena transmisora y la antena receptora están adaptadas al generador y al receptor respectivamente (no hay pérdidas por desadaptación).
 - El estado de polarización de la antena transmisora y la antena receptora es el mismo (no hay pérdidas por desajuste de polarización).

Ruido en los sistemas de radiocomunicación

- Fuentes de ruido
- Naturales
 - ✓ Internas. Circuitos del receptor.
 - ✓ Externas. Ruido cósmico y atmosférico.
- Artificiales

Ruido en los sistemas de radiocomunicación

- Para determinar la potencia de ruido a la entrada del receptor habrá que considerar los aportes del ruido atmosférico y cósmico captados por la antena, del generado por las líneas o guías de transmisión y el propio del receptor. El ruido captado por la antena puede ser modelado como el ruido equivalente generado en la resistencia de radiación de la misma, y estará caracterizado por una temperatura equivalente de ruido T_a .
- Se define la temperatura equivalente de ruido de un amplificador, T_{eq} , como el cociente entre la potencia de ruido interno y KB:

$$n_i = KBT_{eq}$$

- La equivalencia entre factor de ruido y temperatura equivalente de ruido:

$$T_{eq} = T_0 (f - 1)$$

- El factor de ruido se expresa ordinariamente en dBs, en cuyo caso se le suele llamar figura de ruido, $F=10\log f$.

Ruido en los sistemas de radiocomunicación Cálculo de la relación SNR

SNR= Nivel de señal – Ruido térmico –Figura de ruido del receptor

Ruido térmico=KTB (-100 dBm)

K=Constante de Boltzmann: $1.38 \cdot 10^{-23}$ (J/K)

T=Temperatura absoluta: 298K

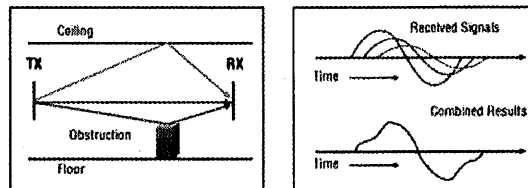
B=Ancho de banda de trabajo: 20 MHz

Figura de ruido del receptor (5 dB). Intuitivamente, la figura de ruido es la cantidad de ruido, expresada en dB, que añade el receptor cuando lo atraviesa la señal adquirida.

Ej. Nivel de señal=-80 dBm -----> SNR=15 dB

Conceptos de propagación

- Uno de los problemas que tienen las antenas es la distorsión multicamino. Esta distorsión ocurre cuando hay más de un camino entre el emisor y el receptor. Estas múltiples señales se combinan en el RX de la antena y del receptor y causa distorsión en la señal. Para solucionar este problema puede optarse por cambiar la antena o bien la localización de la misma. En la siguiente figura podemos ver este problema de forma gráfica.



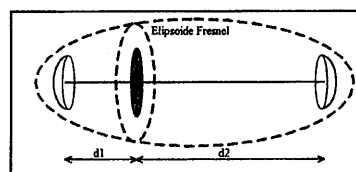
Conceptos de propagación

- La propagación en 2.4 GHz se puede dividir en propagación de espacio libre, reflexión, difracción y absorción.
- La propagación en espacio libre se puede aplicar cuando la primera zona de Fresnel está libre de obstáculos, y viene dada por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log (\lambda / 4 \pi d)^2$$

- El radio de la primera zona de Fresnel viene dado por

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$



donde d_1 y d_2 son las distancias del obstáculo a los dos extremos de la transmisión

Conceptos de propagación

- **Difracción:**

Fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo. Los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables a medida que el tamaño del objeto aumenta comparado con la longitud de onda.

Conceptos de propagación

Absorción

Se ha comprobado que las ondas cuya longitud es mayor que 10 cm. (3 GHz) no sufren prácticamente atenuación. En frecuencias mayores la atenuación puede ser tal que el enlace podría interrumpirse totalmente en condiciones adversas. La lluvia, nubes o niebla produce absorción de las ondas más cortas.

Refracción

Las ondas electromagnéticas son refractadas cuando pasan de un medio con un índice de refracción dado a otro diferente. Por encima de los 30 MHz el contenido del agua en el aire juega un papel muy importante en los cambios refractivos.

Reflexión

En un radioenlace en visibilidad la influencia del suelo se manifiesta mediante el fenómeno de reflexión.

Conceptos de propagación

- La capacidad máxima alcanzable es función de la distancia de propagación.
- Al aumentar la distancia entre Tx y Rx la SNR empeora.
- A medida que SNR empeora será necesario cambiar la modulación a otra menos eficiente pero más robusta.

