

TEMA 9: PROPAGACIÓN ATMOSFÉRICA

Comunicaciones Inalámbricas

Marina Zapater

Primavera 2015

Departamento de Física Aplicada III, Universidad Complutense de Madrid



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Este tema se compone de dos bloques:

- Antenas: tipos, parámetros, diagrama de radiación
- **Propagación:** espacio libre y campo terrestre, efecto de la tierra plana, troposfera, ionosfera, etc.

Introducción

Propagación tierra-ionosfera

Onda de tierra o de superficie

Propagación troposférica

Propagación por difracción

Atenuación y despolarización

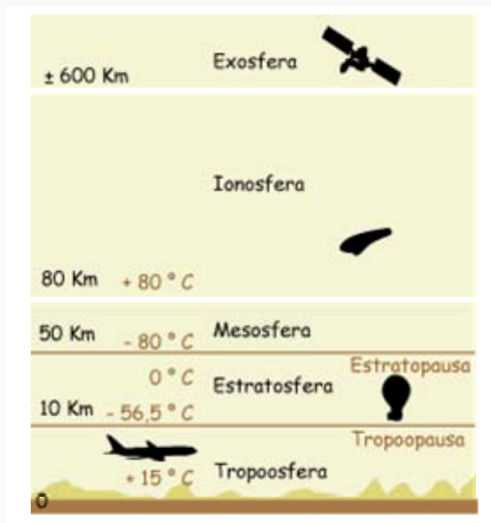
INTRODUCCIÓN

- Los sistemas de telecomunicación se diseñan para que el sistema receptor tenga una relación señal-ruido mínima que garantice su funcionamiento.
- Para ello, es necesario conocer los factores que alteran la propagación atmosférica → conocer la atenuación
- La ecuación de Friis vista anteriormente es válida para propagación en espacio libre (vacío)
- En el entorno terrestre pocas situaciones se ajustan a ese modelo.
- La presencia de tierra (suelo), la atmósfera y la ionosfera alteran las condiciones de propagación.

En este tema veremos los diferentes tipos de propagación:

- Propagación Tierra-Ionosfera
- Efecto de la tierra
 - Propagación sobre tierra plana
 - Propagación por onda de superficie
- Propagación troposférica
- Propagación por difracción
- Propagación en entornos complejos

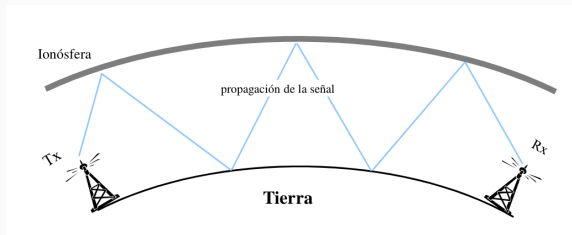
INTRODUCCIÓN



PROPAGACIÓN TIERRA-IONOSFERA

PROPAGACIÓN TIERRA-IONOSFERA

- En VLF (3KHz a 30KHz) el suelo y la ionosfera se comportan como buenos conductores.
- Las distancia que los separa 60-100Km es comparable con la longitud de onda, y la propagación se modela como una guía esférica sin pérdidas.
- las antenas son eléctricamente pequeñas, aunque tengan dimensiones físicas muy grandes
- Se usan un telegrafía naval y submarina, y ayudas a navegación.
- Tienen cobertura global

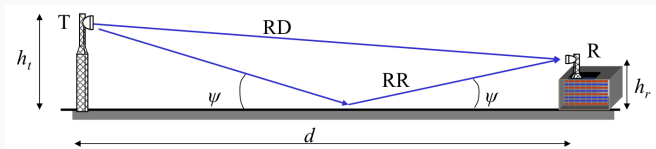


ONDA DE TIERRA O DE SUPERFÍCIE

- Las características de la tierra influyen en la propagación de las ondas electromagnéticas.
- Una onda de espacio está formada por el rayo directo y el rayo reflejado → la formación puede ser constructiva o destructiva
- Al incidir la onda sobre un obstáculo, parte se difracta. Esto permite que la onda se propague aunque no haya visibilidad, a costa de una gran atenuación
- A frecuencias bajas, la tierra es un buen conductor, y se pueden inducir corrientes superficiales.

- Los fenómenos que modifican la propagación de las ondas son:
 - Onda de superficie
 - Difracción
 - La formación de la onda de espacio
- La importancia de cada fenómeno depende de la banda, el tipo de terreno y las antenas

EFFECTO DE LA TIERRA: REFLEXIÓN



- Para distancias cortas, despreciaremos la curvatura terrestre, y asumiremos un terreno liso.
- Despreciaremos también la onda de superficie ($f > 150\text{MHz}$)
- La relación entre potencia recibida y transmitida puede expresarse como:

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{4\pi d^2} D_T A_{\text{eff}R} \left(\frac{2kh_t h_r}{d} \right)^2$$

donde k es la constante de propagación en el medio

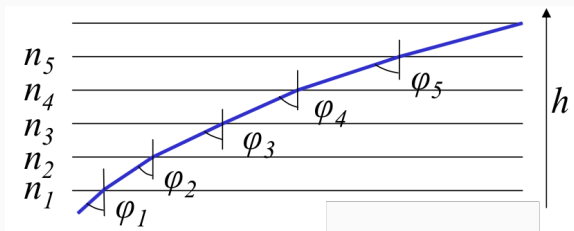
- Cuando las alturas sobre el suelo de las antenas son pequeñas respecto a la longitud de onda, la onda de espacio tiende a cancelarse y la propagación más relevante es la onda de superficie.
- Esto sucede para frecuencias entre 10-150MHz
- Depende del tipo de superficie (sobre agua la propagación es mucho mejor)
- Las ondas de superficie se atenúan rápidamente con la distancia

PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

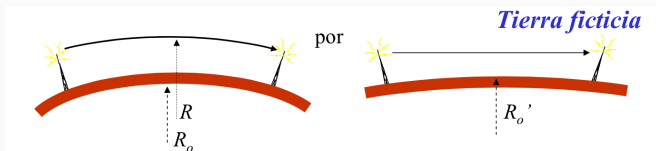
- Por encima de los 150MHz dejan de ser utilizables los modos de propagación por superficie e ionosfera.
- Usamos onda troposférica: propagación en capas bajas de la atmósfera
- Tenemos antenas elevadas, de forma que $h \gg \lambda$
- La trayectoria de la onda sufre atenuación por obstáculos (difracción), multitrayecto por reflexiones en el suelo o capas de la atmósfera y refracciones

PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

- El índice de refracción de la troposfera es función de:
 - Presión atmosférica (y por tanto altura)
 - La presión del vapor de agua
 - La temperatura absoluta
- Las refracciones hacen que el rayo se curve, debido a la disminución del índice de refracción, permitiendo alcances mayores



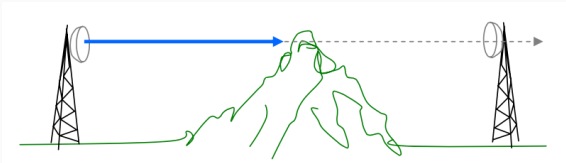
- Para calcular la atenuación, trabajamos con un modelo de tierra ficticia (calculamos radio de la tierra tal que el rayo sea recto)



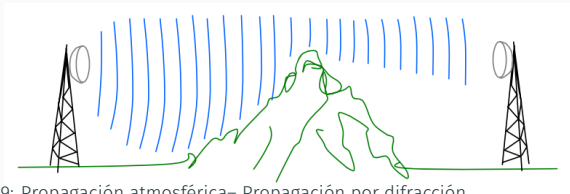
PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN

PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN

- Cuando nos encontramos un obstáculo, si aplicáramos un modelo sencillo de óptica geométrica pensaríamos que no hay propagación

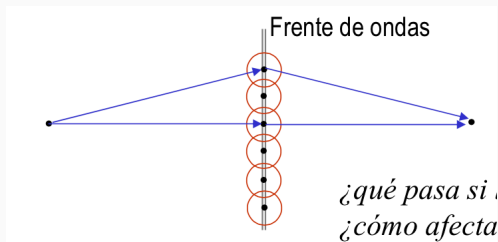


- Cuando en realidad, si recurrimos a modelos más exactos vemos que sí hay propagación.

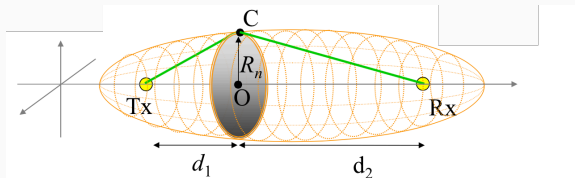


PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN

- Por el principio de Huygens sabemos que en un frente de onda todos los puntos se comportan como fuentes de ondas esféricas
- Por lo tanto, por encima del obstáculo, el frente de onda se comporta como un conjunto de transmisores.
- Como parte del frente de onda no pasa, la señal se atenúa



- Un obstáculo afecta dependiendo de su situación dentro de las zonas de Fresnel creadas y de si la contribución es en fase o contrafase.
- El cálculo del efecto de los obstáculos es complicado
- En la práctica se recurre a métodos aproximados

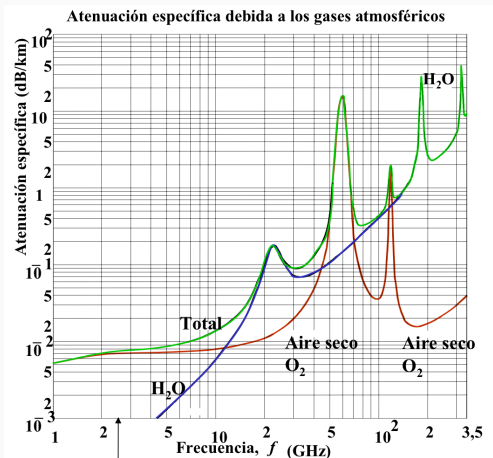


ATENUACIÓN Y DESPOLARIZACIÓN

Varios fenómenos causan atenuación de las ondas:

- Atenuación por vegetación (aumenta con frecuencia)
- Atenuación por gases y vapores atmosféricos ($f > 10\text{GHz}$)
- Atenuación por lluvia ($f > 6\text{GHz}$)

EFFECTO DE LA ATENUACIÓN POR GASES ATMOSFÉRICOS



- La lluvia provoca un efecto de despolarización de la señal
- Se traduce en una degradación de la discriminación por polarización cruzada (interferencia cocanal)

PREGUNTAS?