PRÁCTICA 2

PROPAGACIÓN EN PRESENCIA DE MÚLTIPLES OBSTÁCULOS

En esta práctica se pretende trabajar con la recomendación UIT-R P.526 relativa a la metodología para calcular las pérdidas por difracción.

Se utilizarán los dos primeros apartados para determinar las pérdidas por difracción de un radioenlace que funciona a 2500 MHz y está situado en la comarca del vino de la provincia de Zamora. Además, se estudiará la dependencia de estas pérdidas con parámetros de diseño como la frecuencia y el factor de modificación del radio terrestre. Para ello, se proporcionará el perfil de elevación del terreno real entre las dos estaciones fijas.

Finalmente, se trabajará con el tercer apartado para calcular las pérdidas por difracción de un radioenlace que funciona a 450 MHz y presenta un solo obstáculo de forma redondeada. Se estudiará la dependencia de dichas pérdidas con la curvatura del obstáculo.

# Datos del radioenlace con una serie de obstáculos en filo de cuchillo

Se propone un radioenlace entre dos estaciones separadas 15.6 km que trabajan a una frecuencia de 2500Mhz. Los parámetros de las estaciones y de la señal transmitida son los siguientes:

* + Potencia transmitida: 23dBm
  + Modulación 64-QAM
  + Umbral para una BER máxima de 10-6 -70,5dBm
  + Ganancia de las antenas: 19dB
  + Pérdidas en los circuitos de RF: 1 dB
  + Frecuencia de trabajo 2500MHz
  + Margen de funcionamiento para que el sistema funcione correctamente: 3dB

Para obtener el perfil geográfico, se propone utilizar el programa PROYECTO RADIO de ALBENTIA SYSTEMS, herramienta diseñada para planificar redes WIMAX tanto fijas como móviles. Este software utiliza mapas con datos digitales de elevación del terreno, y está diseñado para altas frecuencias, por lo que nos muestra el despejamiento solo para el peor obstáculo. No obstante, los cálculos de balance de enlace son fiables para cualquier frecuencia. El programa permite crear una red de estaciones radio y visualizar los perfiles entre estaciones.

En el fichero P1\_OBST\_CUCHILLO\_RyR\_2019\_2.rfj están marcados los obstáculos entre las estaciones finales.

* + ESTACIÓN 1 (TVIN1): 41º 20' 50.2870"N y 5º 44' 7.5313"O
  + ESTACIÓN 2 (TVIN2): 41º 24' 20.2467"N y 5º 33' 56.4350"O

1. ***Datos del radioenlace con obstáculo redondeado***

Se propone un radioenlace entre dos estaciones caracterizado por los siguientes parámetros:

* + Estación 1: [40º 22' 52,7052"N, 5º 7' 45,9054"O]
  + Estación 2: [40º 24' 27,2254"N, 5º 12' 5,2113"O]
  + Frecuencia RF: 450 MHz
  + Altura de las antenas transmisora 10 m y receptora 50m respectivamente

El perfil geográfico entre las estaciones presenta un obstáculo redondeado cuya superficie se puede

aproximar por una parábola que presenta los puntos tangentes con los extremos indicados en la Figura 6.

1800

X: 1433

Y: 1765



X: 3265

Y: 1798

X: 1644

Y: 1763

1750

X: 3547

Y: 1786

1700

1650

1600

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000

Figura 6. Perfil de un radioenlace fijo con un obstáculo redondeado

Según la recomendación P.526, para estimar las pérdidas por difracción introducidas por el obstáculo redondeado hay que aplicar la siguiente fórmula:

*Ldifracción*  *J*(** )  *T* (*m*, *n*) dB

Para poder desarrollar la fórmula que depende tanto del despejamiento como de la forma del obstáculo redondeado es necesario definir los parámetros relevantes a partir de ajustar una parábola de radio R al perfil del obstáculo cerca de la parte superior (Figura 7):

(poner foto de la figura aquí)

Figura 7. Definición de los parámetros básicos asociados a un obstáculo redondeado

1. ***Realización de la práctica***

## **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA DIFRACCIÓN EN EL RADIOENLACE**

En primer lugar, se procederá al estudio de la influencia de los obstáculos en el radioenlace que se ha implementado en PROYECTO RADIO en una atmósfera estándar (K=4/3).

Los datos de cota y altura de antenas de las dos estaciones y de los obstáculos, se deben obtener del programa.

Los cuatro obstáculos están situados a las siguientes distancias de la estación transmisora TVIN1, expresadas en kilómetros:

[01, 02, 03, 04]= [2.600 4.031 9.007 12.369]

Para ello, se deben seguir los siguientes pasos:

### *EJERCICIO 1:*

Calcular las pérdidas por difracción para atmósfera estándar:

1. Determinar el despejamiento en forma de porcentaje del radio de la primera zona de Fresnel y el parámetro de difracción () correspondiente a los obstáculos presentes, las alturas consideradas para las antenas y k=4/3.

despejamiento (%)= [-16.6012, -13.6774, -2.8026, -53.3994]  
parámetro difracción= [-0.2347, -0.1934, -0.0396, -0.7551]

(ver imagen de tarjeta 1.1)

1. Comparar el despejamiento en forma de porcentaje de la primera zona de Fresnel del obstáculo dominante con el obtenido mediante PROYECTO RADIO.

observamos que si coincide con el porcentaje dado en el proyecto radio

(ver imagen de tarjeta 1.2)

1. Determinar las pérdidas por difracción por múltiples obstáculos considerados como aristas de cuchillo para k=4/3.

Lad=14.8495 dB

### *EJERCICIO 2:*

Representar como varían las pérdidas por difracción a medida que disminuye el factor K para una determinada frecuencia. Para ello, calcular de forma iterativa las pérdidas por difracción por múltiples obstáculos considerados como aristas de cuchillo para los valores de k=0,5; 2/3, 1 y 4/3 y representarlo en una gráfica.

k = [0.55, 2/3, 1, 4/3]  
 Lad = [21.7586, 19.1197, 16.3100, 14,8495] dB

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

se observa en la grafica que a menor k, mayor son las perdidas de difracción, debido a que a menor k el rayo se entorna curvo hacia abajo.

### *EJERCICIO 3 (OPCIONAL):*

* + Representar como varían las pérdidas por difracción en función de la frecuencia para un determinado valor de k, en este caso, 4/3. Para ello, calcular de forma iterativa las pérdidas por difracción por múltiples obstáculos considerados como aristas de cuchillo para las siguientes frecuencias [500MHz, 1500MHz, 2500MHz, 3500MHz, 4500MHz 7475MHz, 12650MHz, 17825MHz, 23000MHz] y representarlas en una gráfica.

Para fvalores=[500 1500 2500 3500 4500 7475 12650 17825 23000]\*1e6 Hz.

Ladf=[17.4635, 15.5379, 14.8495, 14.5412, 14.2778, 13.6467, 12.8302, 12.1966, 11.6694] dB

Gráfico

Descripción generada automáticamente

* + Representar como varían las pérdidas por difracción en función de la frecuencia para un determinado valor de k, en este caso, 4/3, en el caso en que el obstáculo dominante tuviera una cota de 811m en lugar de 801m. Para ello, calcular de forma iterativa las pérdidas por difracción por múltiples obstáculos considerados como aristas de cuchillo para los valores de frecuencia [500MHz, 1500MHz, 2500MHz, 3500MHz, 4500MHz 7475MHz, 12650MHz, 17825MHz, 23000MHz] y representarlas en una gráfica.

fvalores=[500 1500 2500 3500 4500 7475 12650 17825 23000]\*1e6 Hz  
cotao3\_mod=811 m.

Ladf=[20.3294, 21.0462, 21.8302, 22.3521, 22.7349, 24.0660, 26.0810, 27.6230, 28.7172] dB

Gráfico, Gráfico de dispersión

Descripción generada automáticamente

Como vemos en las gráficas anteriores, al variar la frecuencia las pérdidas por difracción pueden aumentar o disminuir.  
Esto es porque, si tenemos un rayo "óptico" que une las estaciones, al aumentar la frecuencia, la primera zona de Fresnel se estrecha en torno a este rayo, si por el contrario se disminuye la frecuencia, entonces la primera zona de Fresnel se ensanchará entorno al rayo.  
El resultado es que, si el rayo no está interrumpido por el obstáculo y aumentamos la frecuencia, la zona del elipsoide no interrumpida por el obstáculo será mayor y por tanto habrá menos pérdidas, esto debe de estar ocurriendo en el caso de la arista con cota de 801 m. Si el rayo está interrumpido, lo que ha debido de ocurrir al aumentar la cota del obstáculo a 811 m, la zona de Fresnel se estará estrechando en torno a ese área de interrupción, aumentando las pérdidas.

**CALCULO DE LAS ALTURAS DE LAS ANTENAS PARA EVITAR LAS PÉRDIDAS POR DIFRACCIÓN**

### *EJERCICIO 4:*

Calculad con PROYECTO RADIO las alturas de las antenas para que se cumpla la condición de despejamiento suficiente para la atmósfera estándar.

Altura tx: 27 m  
altura rx: 26 m

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## BALANCE DE ENLACE

### *EJERCICIO 5:*

Determinar la potencia recibida a la salida de los terminales del receptor teniendo en cuenta tanto las pérdidas por espacio libre como las pérdidas en exceso debidas a la difracción (k=4/3) para una frecuencia de 2,5GHz y las alturas de las antenas calculadas anteriormente. Justificar si el enlace diseñado supera el umbral fijado para ofrecer el servicio de radiocomunicación.

Prx=-68.2631dBm  
UMBRAL = -70.5 dBm  
En este caso la potencia recibida es mayor que el umbral, el servicio se puede ofrecer

Debido a las variaciones temporales en los índices de refracción de la troposfera durante un intervalo de tiempo el valor de k se modifica a 2/3, ¿Seguirá funcionando el servicio durante ese intervalo temporal?

tenemos que Prx es -69.7514 dBm para esta variación del factor K. Como el umbral es -70.5 dBm, algo menor que la potencia recibida, sí seguiría funcionando el servicio durante ese intervalo temporal dado que se seguiría cumpliendo el requisito de mínima potencia umbral.

Es importante hacer una planificación que contemple estas variaciones del factor, pues como vimos en la situación de despejamiento suficiente (5.1) para atmósfera estándar (K=4/3) el radioenlace puede funcionar perfectamente, pero ante una variación de la atmósfera como vimos en el caso de K=2/3 (5.2 ) la situación en el modelo es bien distinta ya que con este valor de K<1 se está modelando un rayo curvo hacia abajo, que es de las peores situaciones que se pueden dar y por tanto bajo la hipótesis que debemos determinar las alturas mínimas necesarias para seguir teniendo el nivel de potencia imprescindible en el receptor.

## ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS ORIGINADAS POR UN OBSTÁCULO REDONDEADO

### *EJERCICIO 6:*

* + - Determinar para k=4/3 el radio de curvatura asociado al obstáculo redondeado del radioenlace considerado.

tomando el dato de length (6843 m), obtenemos R=2.0012e+04 m

* + - Determinar para k=4/3 el parámetro de difracción que tendría un obstáculo agudo con las coordenadas asociadas al punto de cruce de las tangentes al obstáculo redondeado del radioenlace considerado.

V=coef\_v=5.5727

* + - Determinar para k=4/3 las pérdidas por difracción asociadas al obstáculo redondeado del radioenlace considerado.

Lad = 77.4924 dB

### *EJERCICIO 7:*

* + Representar una gráfica con las pérdidas por difracción asociadas a un obstáculo con radios de curvatura R=[0,5; 50; 5000; 25000; 50000] cuyas coordenadas asociadas al punto de cruce de las tangentes que caracterizan el obstáculo redondeado son siempre las consideradas en el radioenlace bajo estudio (es decir d1, d2 y cP constantes) para k=4/3.

Gráfico, Gráfico de dispersión

Descripción generada automáticamente

Las pérdidas crecen en función del radio ya que el despejamiento se reduce. A media que aumenta el radio aumenta perdidas.

## CONCLUSIONES

Los resultados y conclusiones se presentarán de modo oral utilizando como base una presentación donde se muestren de forma resumida todos los resultados obtenidos. La presentación tiene que estar disponible para los profesores antes de la presentación utilizando la actividad del aula virtual destinada a tal efecto. Es muy importante ajustarse al tiempo de presentación preparándose de forma muy clara los conceptos y resultados que se quieren exponer y resaltar.