

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

Comunicaciones Espaciales

(Manual de Ejercicios)

Tema 5:

Estudio del enlace radioeléctrico en satélites

Curso 2009-2010

AUTORES:

Fernando Quesada Pereira

Alejandro Álvarez Melcón

Enlace radioeléctrico en satélites

Ejercicio 1. Una estación terrestre en banda C tiene una antena con una ganancia en transmisión de 54 dB. La potencia de salida de transmisión es de 100 W a la frecuencia de 6,1 GHz. La señal se recibe por un satélite a una distancia de 37500 km con una antena de una ganancia de 26 dB. La señal se transmite después a un transpondedor con una temperatura de ruido de 500 K, un ancho de banda de 36 MHz, y una ganancia de 110 dB.

- Calcule la atenuación por propagación a 6,1 GHz.
- Calcule la potencia en dBW a la salida del puerto de la antena del satélite (conocido a veces como el flanco de la guía de ondas).
- Calcule la potencia de ruido en la entrada del transpondedor en dBW, para un ancho de banda de 36 MHz.
- Calcule la relación portadora a ruido C/N en dB, en el transpondedor.
- Calcule la potencia de la portadora en dBW y en W a la salida del transpondedor.

Ejercicio 2. El satélite del ejercicio anterior da servicio a 48 estados contiguos de Estados Unidos. La antena en el satélite transmite a una frecuencia de 3875 MHz a una estación terrestre a una distancia de 39000 Km. La antena tiene un ancho de haz de 6° en la dirección Este-Oeste y de 3° en la dirección Norte-Sur. La estación terrestre receptora tiene una antena con una ganancia de 53 dB y una temperatura de ruido del sistema de 100 K y está localizada en el borde de la zona de cobertura de la antena del satélite (Asuma una ganancia de antena 3 dB inferior a la del centro del haz).

Ignore el resultado obtenido para la potencia de salida del transpondedor del problema anterior. Asuma que la potencia de la portadora del transpondedor es 10 W a la entrada del puerto de la antena transmisora en el satélite.

- Calcule la ganancia de la antena del satélite en la dirección de la estación receptora terrestre (use la formula aproximada para la ganancia lineal $G \simeq 33000/(\Delta_{-3dB}^{E-O} \Delta_{-3dB}^{N-S})$).
- Calcule la potencia de la portadora recibida por la estación terrestre en dBW.
- Calcule la potencia de ruido en la estación terrestre para un ancho de banda de 36 MHz.
- Por último, encuentre la relación señal a ruido en dB para la estación terrestre.

Ejercicio 3. Un enlace de comunicaciones por satélite a 14/11 GHz tiene un transpondedor con un ancho de banda de 52 MHz que opera con un nivel de potencia de salida de 20 W. La antena transmisora del satélite a 11 GHz es de 30 dB en dirección a una estación terrestre particular. Las pérdidas por propagación son de 206 dB, incluyendo la atenuación para aire despejado.

El transpondedor se usa en modo de multiplexación por división en frecuencia (FDMA) para enviar 500 canales de voz en BPSK con una tasa de codificación mitad de FEC. Cada señal codificada BPSK tiene una tasa de símbolos de 40 kbps y requiere un receptor con un ancho de banda de 50 kHz por canal. La estación terrestre recibe las señales de voz con antenas de una ganancia de 40 dB (1 m de diámetro) y un receptor con temperatura de ruido del sistema $T_{system} = 150$ K en aire limpio, y un ancho de banda de ruido en frecuencia intermedia (IF) de 50 KHz.

- Calcule la potencia transmitida por el satélite en un canal de voz.
- Calcule la señal a ruido C/N con aire despejado para una estación terrestre recibiendo una señal de voz BPSK.
- ¿Cuál es el margen para un umbral de 6 dB en una señal codificada en BPSK?

Ejercicio 4. Los satélites geostacionarios usan las bandas L, C, Ku, y Ka. La longitud del camino de propagación desde una estación terrestre es de 38500 Km. Para este rango, calcule las pérdidas por propagación en decibelios para las siguientes frecuencias:

- 1,6 GHz, 1,5 GHz.
- 6,2 GHz, 4,0 GHz.
- 14,2 GHz, 12,0 GHz.
- 30,0 GHz, 20,0 GHz.

Ejercicio 5. Los satélites en órbita baja usan principalmente la banda L, con rangos que varían entre los 1000 y los 2500 Km. Calcule la atenuación por propagación máxima y mínima en dB para una frecuencia de enlace ascendente de 1,6 GHz y de enlace descendente de 1,5 GHz.

Ejercicio 6. Un satélite geostacionario contiene un transpondedor con un transmisor de 20 W a 4 GHz. El transmisor opera con una potencia de salida de 10 W y utiliza una antena con una ganancia de 30 dB. Una estación terrestre se encuentra en el centro de la zona de cobertura del satélite a una distancia de 38500 Km. Haciendo los cálculos en decibelios encuentre:

- La densidad de potencia en la estación terrestre en dBW/m^2 .
- La potencia recibida en dBW por una antena con una ganancia de 39 dB.
- La PIRE del transpondedor en dBW.

Ejercicio 7. Un satélite LEO tiene una antena multihaz con una ganancia de 18 dB en cada haz. Un transpondedor con potencia de transmisión de salida de 0,5 W a 2,5 GHz se encuentra conectado a un haz de la antena. Una estación terrestre se localiza en el borde de la zona de cobertura de este haz, donde la potencia recibida se encuentra 3 dB por debajo de la correspondiente al centro del haz, y el satélite está situado a una distancia de 2000 Km. Empleando decibelios para los cálculos, encuentre:

- La potencia recibida por una antena con una ganancia de 1 dB en dBW.
- La potencia de ruido para el receptor de una estación terrestre con una temperatura de ruido de 260 K y un canal de RF con un ancho de banda de 20 KHz.
- La relación portadora a ruido C/N en dB para la señal del satélite LEO a la salida del receptor.

Ejercicio 8. Un satélite en órbita LEO se encuentra a una distancia de 39000 Km de una estación terrestre. La densidad de potencia necesaria a la entrada del satélite para saturar un transpondedor a la frecuencia de 14,3 GHz es de $-90 \text{ dBW}/\text{m}^2$. La estación terrestre tiene una antena transmisora con una ganancia de 52 dB a 14,3 GHz. Encuentre:

- La PIRE de la estación terrestre.
- La potencia de salida del transmisor de la estación terrestre.

Ejercicio 9. Un sistema de recepción de una estación terrestre a 12 GHz tiene una antena con una temperatura de ruido de 50 K, un amplificador de bajo ruido LNA con una temperatura de ruido de 100 K y una ganancia de 40 dB, y un mezclador con una temperatura de ruido de 1000 K. Encuentre la temperatura de ruido del sistema.

Ejercicio 10. Un satélite geostacionario transporta un transpondedor en banda C que transmite 20 W a una antena con una ganancia en el eje de 30 dB. Una estación terrestre esta en el centro del haz de la antena desde el satélite, a una distancia de 38000 Km. Para una frecuencia de 4,0 GHz:

- Calcule la densidad de potencia incidente en una estación terrestre en Watios por metro cuadrado y en dBW/m^2 .
- La estación terrestre tiene una antena con una apertura circular de 2 metros de diámetro y una eficiencia de apertura del 65 %. Calcule el nivel de potencia recibida en Watios y en dBW en el puerto de salida de la antena.
- Calcule la ganancia en el eje principal para la antena en dB.
- Calcule las pérdidas de propagación en espacio libre entre el satélite y la estación terrestre. Calcule la potencia recibida P_r en la estación terrestre usando la ecuación del enlace:

$$P_r = P_t G_t G_r / L_p$$

donde $P_t G_t$ es la PIRE del transpondedor del satélite y L_p las pérdidas por propagación.

Haga los cálculos en dBs y dé la respuesta en dBW.

Ejercicio 11. Repita los apartados del (a) al (d) del problema anterior para un transpondedor en banda Ka transmitiendo a la frecuencia de 20 GHz.