

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

Comunicaciones Espaciales

(Manual de Ejercicios)

Tema 3:

Subsistemas del satélite

Curso 2009-2010

AUTORES:

Fernando Quesada Pereira

Alejandro Álvarez Melcón

Subsistemas del satélite

Ejercicio 1. El sistema de telemetría de un satélite geoestacionario obtiene muestras de 100 sensores de forma secuencial. Cada muestra se transmite a la Tierra en una palabra de 8 bits en una trama TDM. Se necesitan 200 bits adicionales en la trama para sincronización en información de estado. Los datos se transmiten a una velocidad de 1 kilobit por segundo usando una modulación BPSK con una portadora de baja potencia.

- ¿Cuánto tiempo necesita un conjunto completo de muestras en ser enviado a la Tierra?
- Incluyendo el retardo de propagación, ¿Cuál es el máximo tiempo que el operador de una estación terrestre debe esperar entre el cambio en un parámetro del satélite y la recepción del nuevo valor mediante el enlace de telemetría?. (Asuma una distancia al satélite de 40000 Km).

Ejercicio 2. Un satélite rotatorio tiene celdas solares dispuestas alrededor de un tambor circular de 3 metros de diámetro, con una altura de 5 metros. El tambor rota a 60 rpm para estabilizar en giro el satélite. Al final de la vida útil, se necesita que los paneles solares entreguen 4 kW de potencia eléctrica.

- Calcule la eficiencia de las células solares al final de la vida útil. Asuma que la densidad de potencia de la radiación solar es de $1,39 \text{ Kw/m}^2$, y que el área efectiva de absorción de las células solares es igual a la sección transversal del tambor.
- Si las células solares se degradan un 15% a lo largo de la vida del satélite, de forma que la potencia de salida al final del tiempo de operación es el 85% de la potencia al comienzo, ¿cuál será la potencia entrega por las células solares inmediatamente después del lanzamiento?
- Si el diseño de tambor rotatorio de celulas solares se reemplaza por otro de velas solares que giran para apuntar hacia el Sol de forma continua, ¿cuál sería el área necesaria de éstas velas solares? Asuma que las velas solares generan un 90% de la potencia de las celdas en un tambor rotatorio debido a la mayor temperatura de funcionamiento.

Ejercicio 3. Un satélite de distribución directa de televisión (DBS-TV) se encuentra en órbita geoestacionaria. La potencia eléctrica requerida para operar el satélite y sus transmisores es de 4 kW. Se pueden usar dos diseños para el satélite: estabilización en tres ejes o tambor rotatorio (spinner).

- Un satélite estabilizado en tres ejes tiene dos velas solares de igual área que giran para apuntar directamente al Sol continuamente. La eficiencia de las celdas solares al final de la vida útil será de 15%. Calcule el área de la celdas requerida por el satélite geoestacionario y la longitud de cada vela si el ancho es de 2 metros.
- Un diseño rotatorio del satélite de DBS-TV se realiza con un tambor cubierto de celdas solares. El tambor tiene un diámetro de 3,5 metros. La eficiencia de las celdas solares será de un 18% al final de la vida útil. Al encontrarse algunas de las celdas en la oscuridad, y otras iluminadas

sólo parcialmente por el Sol, el área efectiva de las celdas solares en el satélite rotatorio es igual al diámetro del tambor multiplicado por la altura de las celdas solares distribuidas sobre éste. Calcule la altura del tambor para entregar 4 kW de potencia eléctrica.

Ejercicio 4. Las baterías constituyen una parte significativa del peso en órbita de un satélite de comunicaciones, pero son necesarias para mantener operativo éste durante los eclipses solares. Un satélite de difusión de televisión necesita 500 W de potencia eléctrica para mantenerse correctamente posicionado y 5 kW para operar sus 16 transpondedores de alta potencia. La duración máxima de un eclipse es de 70 minutos, durante los cuales las baterías deben proporcionar la potencia para mantener el satélite operativo. Asimismo, estas baterías no se han de descargar más de un 70 % de su capacidad. El bus del satélite opera a 48 V.

- ¿Cuál es la corriente que se debe suministrar por la unidad de potencia para mantener el satélite operando normalmente?
- La capacidad de una batería se mide en amperios por hora, el producto de la corriente (en amperios) que la batería puede suministrar por la duración del tiempo que esta corriente es entregada antes de que ésta se descargue totalmente. Las baterías del satélite no se han de descargar más allá del 70 % de su capacidad durante la duración de un eclipse. Encuentre la capacidad de la batería requerida para el satélite DBS-TV.
- Si las baterías pesan 1,25 kg por amperio-hora de capacidad, ¿Cuánto peso se dedica a las baterías en el satélite?
- Si la mitad de los transpondedores se apagan durante un eclipse, ¿Cuál es el peso que se ahorra en baterías?

Ejercicio 5. Un satélite geoestacionario da servicio a una región que puede ser cubierta por el haz de una antena de un satélite con un ancho de $1,8^\circ$. El satélite porta transpondedores en banda Ku y en banda Ka, con antenas separadas en transmisión y en recepción. Para frecuencias centradas en 14.0/11.5 GHz y 30.0/20.0 GHz, determine los diámetros de las cuatro antenas del satélite.

- Encuentre los diámetros de las dos antenas transmisoras. Especifique el diámetro y calcule la ganancia a cada frecuencia.
- Encuentre los diámetros de las dos antenas receptoras. Especifique los diámetros y calcule la ganancia a cada frecuencia.

Ejercicio 6. Un satélite geoestacionario da servicio en Estados Unidos en banda Ku. Las antenas en el satélite presentan anchos de haz de 6° grados en la dirección este-oeste y 3° en la dirección norte-sur. Se usa una antena diferente para transmitir en la banda de 11 GHz y otra en recepción en la banda de 14 GHz.

- Encuentre las dimensiones y estime la ganancia de la antena transmisora en la dirección norte-sur y en la este-oeste.
- Encuentre las dimensiones y obtenga la ganancia de la antena receptora en las direcciones norte-sur y en la este-oeste.

Ejercicio 7. El estado de Virginia se puede representar aproximadamente en un mapa como un área limitada por $39,5^\circ$ - $36,5^\circ$ de latitud Norte, y $76,0^\circ$ - $83,0^\circ$ de longitud oeste. Un satélite geostacionario localizado a $79,5^\circ$ oeste de longitud tiene una antena con una haz que cubre toda Virginia a una frecuencia de central de 11,155 GHz. En este problema las dimensiones de la antena están sujetas a dos condiciones. En ambos casos use una eficiencia de la apertura del 65 %.

- La antena es un reflector parabólico circular que genera un haz circular con un ancho a 3 dB igual a la diagonal del área que limita el estado de Virginia. Calcule la longitud de la diagonal midiendo la distancia en un mapa de Estado Unidos (wikipedia), y obtenga el ancho de haz de la antena a partir de geometría simple. De esta forma calcule el diámetro de la antena del satélite en metros y la ganancia aproximada en decibelios.
- La antena es un reflector parabólico elíptico con anchos de banda de 3 dB en la dirección norte-sur y en la dirección este-oeste iguales a la altura y la anchura del área que delimita al estado de Virginia. Encuentre las dimensiones norte-sur y este-oeste en un mapa de los Estados Unidos (wikipedia), y use la geometría para calcular los anchos de haz a 3 dB requeridos para la antena del satélite. Calcule la ganancia aproximada.

Ejercicio 8. El estado de Pensilvania tiene aproximadamente 1° de ancho en la dirección este-oeste y medio grado en la dirección norte-sur cuando se observa desde un satélite geostacionario en una órbita a una longitud de 75° Oeste. Calcule:

- Las dimensiones de la antena del enlace descendente en banda Ku para un satélite geostacionario con ancho de haz a 3 dB iguales a la anchura y altura de Pensilvania. Use una frecuencia de 11,0 GHz. Identifique las dimensiones como este-oeste y norte-sur.
- Las dimensiones de una antena para enlace ascendente en banda Ka sobre un satélite geostacionario con anchos de banda a 3 dB correspondientes a la anchura y altura de Pensilvania. Use la frecuencia de 30 GHz. Identifique las dimensiones como este-oeste y norte-sur.
- Suponga que la máxima dimensión del satélite en el lanzamiento es de 3 metros de ancho, determinada por el tamaño de la cofia del lanzador. Describa como lanzaría los satélites de los apartados (1) y (2) anteriores llevando: (1) la antena en banda Ku, y (2) la antena en banda Ka.

Ejercicio 9. Calcule la potencia total radiada por el Sol en dBW. El Sol se encuentra a 150 millones de kilómetros de la Tierra. A esta distancia, la densidad de potencia del Sol es de $1,39 \text{ kW}/\text{m}^2$. Esta densidad de potencia está presente a lo largo de toda una esfera de 150 millones de kilómetros de radio.