



Inclusión de la banda Ka en el próximo satélite boliviano

Ortiz Hilari

Postgrado en Informática

Universidad Mayor de San Andrés - UMSA

La Paz, Bolivia

ortiz_ha@hotmail.com

Resumen— Este artículo trata dos temas estrechamente vinculados, la banda ancha para el acceso satelital a internet y el cambio del paradigma de la enseñanza escolar. La enseñanza está en un proceso de cambio que exige mayor capacidad en el acceso a los servicios de internet, cuya solución es el uso de la banda Ka.

La enseñanza virtual ha cambiado los estatutos de la escuela prusiana del siglo diez y ocho, hoy en día el educando puede acceder a las academias virtuales y cursar sus estudios. El centro educativo se convierte en el lugar donde los educadores resuelven las dudas de los educandos.

Los servicios de telecomunicaciones que utilizan el servicio fijo por satélite, se caracterizan por un amplio uso de las bandas C y Ku y de haces convencionales de escala regional. Los recientes avances en el rendimiento de satélites en la banda Ka superan a los sistemas móviles y fijos por satélite en banda Ku. Comercialmente existe una saturación sobre la banda Ku, aspecto que obliga a revisar las ventajas de la banda Ka.

Considerando que en nuestro medio se ha priorizado el uso de la banda Ku, se demuestra que el alto rendimiento en la banda Ka por el uso de haces pincel y las frecuencias que la constituyen, supera a la banda Ku.

Palabras clave— *Bandas Ku y Ka, satélite, haz pincel, ganancia de antena satelital y de antena terminal, tecnología educativa.*

I. INTRODUCCIÓN

ACERCA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA EN REDES SATELITALES

Los servicios satelitales en Bolivia utilizan prioritariamente las bandas C y Ku, tal como sucede con el satélite boliviano Túpac Katari. En el área de servicios vía satélite, se ha introducido la banda Ka, que tiene un mayor potencial para la transmisión de datos, en comparación con la banda Ku. El crecimiento de la cantidad de información a transmitir puede encontrar una solución en la banda Ka a la hora de revisar las opciones satelitales.

La ventaja de las frecuencias elevadas, bandas [Ku](#) y [Ka](#), es que permiten a los transmisores enviar más información por segundo. El compromiso de las altas frecuencias es que pueden transportar más información, pero necesitan más potencia para evitar los bloqueos y equipos más caros.

Cuando las frecuencias son lo suficientemente altas, caso de las bandas Ku y Ka en el orden mayor a 11 GHz, las ondas pueden ser detenidas por objetos como las hojas o las gotas de lluvia,

provocando el fenómeno denominado desvanecimiento por lluvia o humedad. Para superar este fenómeno se necesita mayor potencia, lo que implica transmisores más potentes o antenas más enfocadas, que provocan que el precio del satélite aumente.

Para este artículo las bandas de interés son:

Banda Ku, rango de frecuencias: en recepción 11.7-17.8 GHz., longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos. La desventaja es que la mayoría de las ubicaciones para la banda Ku en el espacio para satélites geoestacionarios, están adjudicadas.

Banda Ka, rango de frecuencias: 18-31 GHz, amplio espectro de ubicaciones disponible; las longitudes de onda transportan mayores cantidades de datos, la desventaja es que es necesario niveles mayores de potencia.

Las características relevantes de la banda Ka son: la banda ancha para transmisión de datos, la orientación de los haces, conmutación entre los haces, antena de recepción de diámetro reducido, despliegue de red de bajo costo y apropiado para aplicaciones gubernamentales.

LA PREVISIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA

Siendo la educación un pilar en el desarrollo del país, el acceso a internet está logrando un cambio trascendental en la forma de enseñanza clásica, ya existen experiencias internacionales donde los estudiantes aprenden en casa y van al centro educativo a absolver dudas y realizar ejercicios. Los programas de aprendizaje disponibles en la red están creados, para que cada estudiante avance a su ritmo, con opciones de repetir las veces que sea necesario fragmentos de la clase. Con la nueva tecnología educativa el educando podrá elegir el mejor horario, la duración de clase y los contenidos adicionales al principal y obligatorio.

Para iniciar este proceso de cambio - *flipped schools* - en la educación, es necesario disponer de un acceso confiable y de alta velocidad. Por este motivo en este artículo se hace hincapié en la banda Ka.

II. CAPACIDADES EN BANDAS KU Y KA

Los sistemas de banda Ku existentes fueron desarrollados para la distribución de vídeo y redes dispersas con antenas de baja apertura, Very Small Aperture Terminal - VSAT. En el caso de Bolivia se está asignando la banda Ku para fines educativos en áreas carentes de cobertura que permita una transmisión de datos mayor a 512 kbps. Los planes de crecimiento en cobertura nacional, en corto tiempo, saturaran la capacidad remanente en la banda Ku del satélite Túpac Katari.

El mejor análisis de comparación entre las dos bandas Ku y Ka, es la capacidad de transmisión, misma que es función del ancho de banda y la relación señal ruido. A continuación se demuestra que la relación señal ruido es casi similar para ambas bandas de frecuencias. Considerando que la banda Ka tiene un mayor ancho de banda disponible, que aplica haz pincel con mayor densidad de señal en el área de cobertura, la banda Ka tiene mayor capacidad de transmisión de datos.

Para entender porque un sistema en la banda Ka es más óptimo que en la banda Ku, se debe considerar las frecuencias de las bandas y el tipo de haz utilizado. El rendimiento de los haces pincel de banda Ka se debe a que tienen una mayor potencia isotrópica radiada equivalente - PIRE y mejor relación ganancia sobre temperatura - G/T. La combinación de bandas C, Ku y Ka, junto con una combinación de haces pincel y globales permite atender la demanda de datos en áreas densamente urbanas y los requerimientos en áreas rurales, respectivamente.

En la comparación entre las bandas Ka y Ku se aprecia que el haz para la banda Ka es menor a un grado y para la banda Ku es de 2.2 grados, la velocidad de bajada es quince veces mayor con banda Ka con un haz pincel.

Para el estudio de la relación existente entre las bandas Ku y Ka, se revisa las fórmulas de cálculo de los enlaces ascendente y descendente

RENDIMIENTO DEL ENLACE DESCENDENTE

El hecho de que el rendimiento del enlace es dependiente de la frecuencia en las bandas Ku y Ka se puede ver mediante el examen de la ecuación para la portadora de enlace descendente a ruido se muestra en la ecuación (1):

$$\frac{C}{N_{term}} = \frac{P_{sat} G_{sat} G_{term}}{L_{esp} L_{atm} T_{ruido} k B} \quad (1)$$

Donde

$\frac{C}{N_{term}}$ Relación señal versus ruido térmico,

P_{sat} Potencia de transmisor

G_{sat} Ganancia de la antena del satélite

G_{term} Ganancia por la antena terminal

L_{esp} Perdida en el espacio libre

L_{atm} Perdida por características de la atmosfera

T_{ruido} Temperatura de ruido

k Constante de Boltzman

B Ancho de banda

En la ecuación (1), $\frac{C}{N_{term}}$ es una métrica para el rendimiento del enlace. Para evaluar el efecto de la frecuencia en el funcionamiento del enlace se asume la potencia del transmisor del satélite, el tamaño del haz puntual y tamaño de la antena del terminal, como variables constantes, mientras que la variación de la frecuencia incide en las dimensiones de las antenas y en consecuencia en la ganancia de estas.

Por las características de la potencia de transmisión, la ganancia de la antena en satélite es función inversa al ancho del haz, como se muestra en la ecuación (2).

$$G_{sat} = \frac{4\pi}{HPBW^2} \quad (2)$$

Donde HPBW = mitad de potencia del haz

Por otra parte, si se conserva el ancho del haz de la antena del satélite para obtener mayor ganancia se requiere disminuir el tamaño de la antena como la frecuencia se incrementa.

Si se mantiene constante el tamaño de la antena terminal constante en lugar de su ancho de haz la ganancia de la antena terminal varía con el cuadrado de la frecuencia como se da en la ecuación, según se aprecia en (3).

$$G_{term} = \frac{4\pi A_{ef} f^2}{c^2} \quad (3)$$

Donde

A_{ef} = área efectiva de la antena terminal

f = frecuencia

La pérdida de espacio también varía con el cuadrado de la frecuencia como se da en la ecuación (4).

$$L_{esp} = \frac{4\pi d f^2}{c^2} \quad (4)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (4) en (1) se obtiene la ecuación (5) que es independiente de la frecuencia en los términos de potencia, área efectiva y medio haz.

$$\frac{C}{N_{term}} = \frac{P_{sat} 4\pi A_{ef}}{HPBW^2 d L_{atm} T_{ruido} k B} \quad (5)$$

Donde d = inclinación desde el satélite al terminal

Los términos restantes, sólo T_{ruido} y L_{atm} , tienen dependencias de orden de frecuencia. Dado que las temperaturas de ruido del receptor, junto con las pérdidas de lluvia y atmosféricas generalmente aumentan con la frecuencia.

El rendimiento del enlace $\frac{C}{N_{term}}$ será generalmente inferior a frecuencias más altas, sobre todo si la disponibilidad de la lluvia es una consideración.

Hay un número de otros factores en la ecuación de enlace extremo a extremo, pero estos también son en gran medida independientes de la frecuencia y no del ancho de banda.

RENDIMIENTO DEL ENLACE ASCENDENTE

El rendimiento del enlace ascendente es analizado en forma similar al enlace descendente. Teniendo en cuenta un caso similar con un tamaño de haz puntual fijo y una terminal con una antena de tamaño fijo y la potencia constantes, podemos convertir la ecuación enlace descendente (1) en la ecuación de enlace ascendente. La fórmula (6) es



$$\frac{C}{N_{Term}} = \frac{P_{term} G_{sat} G_{term}}{L_{esp} L_{atm} T_{ruido} k B} \quad (6)$$

Donde P_{term} potencia de transmisión de la terminal.

Con sustituciones similares para un haz de tamaño fijo, las pérdidas en espacio libre y atmosfera, y la ganancia de la antena terminal, se obtiene la ecuación (7) similar a la del enlace ascendente, ecuación (5).

$$\frac{C}{N_{term}} = \frac{P_{term} 4\pi A_{ef}}{HPBW^2 d L_{atm} T_{ruido} k B} \quad (7)$$

Al igual que con el enlace descendente, la ecuación de enlace es independiente de la frecuencia y no del ancho de banda.

III. USO DE LA BANDA KA EN LAS NECESIDADES DEL PAÍS

Para fines ilustrativos se estima trescientas unidades educativas que requieren de conectividad digital satelital. Las aulas digitales atendidas vía satélite, estarán equipadas con veinte computadores y conexión a internet vía satélite, destinado al desarrollo de capacidades y habilidades, mediante el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Se atiende principalmente a la población que habita en zonas sin cobertura de telecomunicaciones del territorio nacional, a fin de proporcionar tecnología de información y apoyo a las asignaturas de escuela.

Para dimensionar la cantidad de segmento satelital que se requiere para las trescientas unidades educativas, se asigna la tasa promedio de diez sitios por MHz, obteniendo 30 MHz de banda satelital. Como referencia, un satélite que tenga Banda Ku con toda la carga útil habilitada, 48 transpondedores de 36 MHz, cada uno 24 canales con polarización vertical y 24 con polarización horizontal, el ancho de banda total es de 1,728 MHz. Los 30 MHz requeridos ocuparían el 1.74% de satélite. De esta manera se ofrece una tasa de transferencia de 1.41 Mbps por unidad educativa.

Cuando las aplicaciones crecen al doble en cantidad de usuarios y volúmenes de datos, la banda Ku se congestiona y satura la capacidad satelital. Para solucionar este problema se debe aplicar la tecnología de reutilización de frecuencias en haces más pequeños con un diámetro de 600 km al cuadrado y mediante una separación geográfica evitar interferencias. Las frecuencias de la Banda Ka se prestan para ser utilizadas en haces focales o pincel, capaces de repetirse varias veces con la misma frecuencia. Utilizando la banda Ka, se incrementa quince veces, la transferencia de los enlaces.

De lo anterior se desprende para que evolucionen las redes de conectividad digital y uso de las tecnologías de la educación, se requiere que el satélite cuente con Banda Ka, así mejorar la cobertura actual y brindar a la población más aislada del país de la comunicación que requiere.

HIPÓTESIS

Los indicadores de la relación sociedad y tecnología y viceversa mejoran al ampliar la capacidad y renovación educativa del país.

OBJETIVO

Diseñar las redes satelitales en banda Ka para la implementación de las nuevas tecnologías en la educación.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Localidades donde existan unidades educativas dentro del Territorio de Bolivia y no dispongan de acceso a las telecomunicaciones.

IV CONCLUSIONES

Del análisis, se desprende que el haz pincel y ancho de banda de la banda Ka inciden en el rendimiento del enlace. Comparando con la banda Ku, esta debe reducir el ancho de sus haces para lograr resultados en algo similares a los de la banda Ka.

La banda Ka es de alto rendimiento, escalable para satisfacer el crecimiento de la demanda de la tecnología en la educación.

La adquisición de un nuevo satélite por parte del Gobierno de Bolivia debe necesariamente incluir la banda Ka.

El cambio en la forma de enseñanza y aprendizaje, donde el educando deja de ser una variable dependiente del educador, implica que el educador debe ser capaz de apoyar en la aclaración de consultas y en la evaluación del educando. Por otro lado la reducción del gasto en infraestructura de las unidades educativas, consumo de energía y cantidad de recursos humanos, puede invertirse en la ampliación de las redes satelitales y en medios de acceso para los educandos.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.hughes.com/company/newsletters/spring-2011/ka-band-the-future-of-satellite-broadband>
- [2] <http://www.newsat.com/Satellites/kaband.html>
- [3] <http://www.de-ice.com/kaband.html> (2014)
- [4] <http://www.microwavejournal.com/blogs/9-pat-hindle-mwj-technical-editor/post/21824-crazy-for-ka-band-at-satellite-2014>
- [5] <http://cis.stvincent.edu/carlsond/cs321/Ch3examples.html>