



19 del 26 al 30 de noviembre de 2018
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA

54
ANIVERSARIO
cujae

ENLACES DE INTERNET EMPLEANDO SATÉLITES DE ALTO RENDIMIENTO

Maikel López Socarras

Centro Internacional de Telecomunicaciones Jaruco, División de Servicios Internacionales(DVSI), ETECSA
maikel.lopez@etecsa.cu

RESUMEN

La masificación de internet como estrategia del país ha traído un aumento en el flujo de datos a través de las redes terrestres. Dicho tráfico seguirá aumentando y los enlaces satelitales deben estar listos para asumirlo. En este trabajo se propone el uso de satélites de alto rendimiento (High Throughput Satellite, HTS), modems que utilicen los estándares más recientes DVB-S2, DVB-S2X y otras características propias de los equipos para mejorar el throughput de los enlaces de internet satelital. El objetivo fundamental es “Proponer el establecimiento de enlaces Gigabit Ethernet empleando satélites de alto rendimiento”.

PALABRAS CLAVES: satélites, internet, throughput.

INTERNET LINK USING HIGH THROUGHPUT SATELLITES

ABSTRACT

The massification of the Internet as a strategy of the country has brought an increase in the flow of data through terrestrial networks. This traffic will continue to increase and satellite links must be ready to take over. This paper proposes the use of high performance satellites (High Throughput Satellite, HTS), modems that use the latest DVB-S2, DVB-S2X standards and other equipment features to improve the throughput of internet links satellite. The main objective is "Propose the establishment of Gigabit Ethernet links using high performance satellites".

KEY WORDS: satellite, internet, throughput

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los servicios de internet han tenido un rápido incremento, la unión de la voz y los datos han llevado a la masificación de la Voz sobre IP con exigencias de calidad de servicio. Las aplicaciones en tiempo real voz, video y las aplicaciones interactivas susceptibles a la latencia se han hecho cada vez más frecuentes. Para asumir lo anteriormente dicho lo satélites geoestacionarios están en desventaja por la demora de 500 ms que sufre la señal en ir y regresar de la estación terrena transmisora al extremo distante. En Voz sobre IP la latencia es la demora de la señal de voz desde una persona en un lado de la conversación hasta la persona en el otro extremo. La latencia es causada por tres factores principales: la demora inherente a la red basada en IP, el jitter del buffer y el códec empleado. Según la recomendación G114 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) si la demora se mantiene por debajo de 150 ms la experiencia del usuario no es afectada. A medida que la demora aumenta la percepción de calidad del usuario va disminuyendo. Otros factores que afectan la latencia son el ancho de banda, la velocidad de bit y la distancia física [1].

El objetivo general es “Proponer el establecimiento de enlaces Gigabit Ethernet empleando satélites de alto rendimiento”. Con esto se hará frente al aumento del tráfico de internet y se ira a la par de las tendencias mundiales en las comunicaciones satelitales.



2. DESARROLLO

Un satélite de alto rendimiento (HTS con siglas en inglés) es aquel que tiene muchas veces el rendimiento o la capacidad de un Satélite de Servicio Fijo(FSS con siglas en inglés) tradicional utilizando la misma cantidad de frecuencias orbitales asignadas [2]. Esto se logra empleando múltiples haces puntuales sobre un área de servicio específica y reutilizando las frecuencias. Dichos satélites emplean el mismo principio del sistema de telefonía celular donde las áreas de coberturas contiguas forman una figura parecida a un panal de abejas. Los haces puntuales adyacentes no se interfieren debido al aislamiento en frecuencias y polarización. La técnica del reusó de frecuencias no es nueva, de hecho, los satélites Intelsat 9 puestos en orbitas hace 15 años utilizaban la misma frecuencia hasta un máximo de 7 veces para brindarle cobertura a una región, por ejemplo, la región del Atlántico, a diferencia de los satélites HTS (ejemplo Intelsat 35e) que pueden reutilizar la frecuencia asignada en banda C como mínimo 17 veces. Por ejemplo considerando el diseño de un satélite HTS que emplea 60 haces puntuales de usuario. Si cada uno tiene 500 MHz de capacidad del canal hacia adelante(forward) y 500 MHz en el canal de retorno(una asignación de frecuencia típica en la banda Ka) el satélite será capaz de entregar 60 GHz de capacidad en la huella de estos 60 haces. Lo anterior demuestra que los HTS son capaces de lograr más ancho de banda comparado con los satélites convencionales. Como el costo total para diseñar, construir y lanzar un satélite es aproximadamente el mismo que si el satélite esta optimizado para capacidad o cobertura el costo por la entrega de bit para los HTS es significativamente más bajo que el de un satélite optimizado para cobertura [3].



Figura 1. Haces banda C del satélite IS 904.[2]

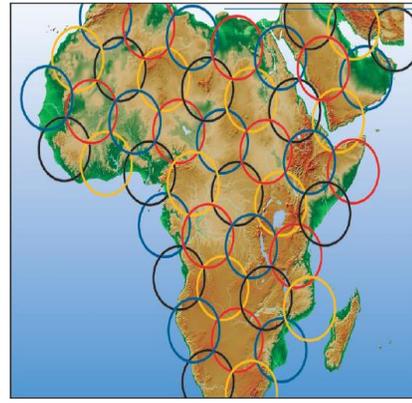
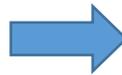


Figura 2. Múltiples haces puntuales con reuso de frecuencia.[2]

Haces puntuales

Para un satélite de órbita geoestacionaria la cobertura global implica un ancho de haz de 17.5 grados lo cual a su vez produce una ganancia de 20 dB. Esto implica que el usuario debe tener una antena de gran apertura para soportar altas tasas de datos. Los HTS con sus haces puntuales brindan cobertura solo en una porción del área geográfica que puede ser un continente, un país o una porción de la tierra por ejemplo si el haz es en banda Ka puede cubrir un área de 320 km. Los haces puntuales tienen la ventaja que el ángulo de apertura de la antena es pequeño, puede ser de 0.80 grados y por ende aumenta su ganancia, la intensidad del PIRE y la ganancia sobre temperatura de ruido(G/T) permitiéndole a los satélites establecer enlaces con estaciones terrenas de pequeña apertura y altas velocidades de datos logrando así un razonable margen de desvanecimiento por lluvia y una aceptable disponibilidad de enlace.

Colores de frecuencia

Los satélites HTS emplean el concepto de multihaz donde cada uno de los haces vecinos tiene una frecuencia y polarización diferente del otro. Por ejemplo un sistema podría usar la banda Ka y dividirla en 4, el primer cuarto del ancho de banda tomarlo como F1, el segundo cuarto como F2, el tercero como F3 y el cuarto como F4. Otra distribución podría ser dividiendo la banda Ka en dos partes y emplear la primera mitad del ancho de banda como F1 y la segunda como F2 ambas



con la polarización circular derecha, F3 y F4 adjudicársela a la primera y segunda mitad respectivamente, pero con la polarización circular izquierda. Es posible emplear otro esquema de reuso de frecuencia sobre la base de la cantidad de espectro disponible y la cantidad servida en un área. El término color es manejado para discutir diferentes bandas de frecuencias no superpuestas haciendo referencia al concepto matemático Teorema de 4 colores(4CT). Cada círculo de un color representa una única combinación de frecuencia y polarización (ver figura 3).

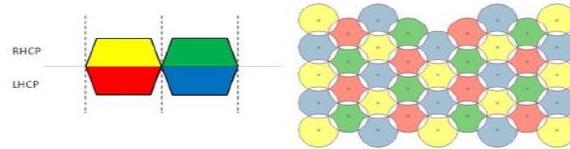


Figura 3. Patrón de reuso de frecuencia de 4 colores.[4]

Como se puede observar los 4 colores pueden ser soportados con 2 subbandas de frecuencias diferentes dentro de la banda Ku o Ka y dos polarizaciones ortogonales. Los haces puntuales con el mismo color usan la misma frecuencia y polarización pero están aislados espacialmente uno de otro; ningún haz puntual tiene un vecino con el mismo color. A continuación, se muestra una gráfica con algunos satélites HTS lanzados en los últimos años.



Figura 4. Algunos satélites HTS lanzados desde el 2005

Intelsat EPIC

El suministrador líder de servicios satelitales Intelsat anunció en Enero del 2016 el lanzamiento satisfactorio de su primer satélite de alto rendimiento Intelsat Epic bajo el nombre Intelsat 29e. Está equipado para trabajar en las bandas C y Ku sobre las regiones de Norteamérica, Latinoamérica y la región Norte del Atlántico. Dicho satélite es también el primero de nueva generación con una plataforma completamente digital la cual combina los haces anchos y puntuales con la tecnología de reutilización de frecuencia. Intelsat Epic esta optimizado para brindar conectividad a aplicaciones como Internet de las cosas(IoT), Máquina a Máquina(M2M), conectividad a empresas, infraestructura inalámbrica, movilidad marítima y aeronáutica[5]. Con este lanzamiento Intelsat entra en el mundo de los satélites de alto rendimiento. En julio de 2017 este operador anuncio el lanzamiento exitoso del cuarto satélite HTS Intelsat Epic nombrado Intelsat 35e y fue puesto en la posición orbital 325.5° Este para reemplazar al IS 903. Está equipado con una carga útil digital, brindará servicios en banda C y Ku a infraestructuras inalámbricas, móviles, de banda ancha, gobiernos y usuarios en las Américas, el Caribe, Europa y África. Los beneficios de los satélites Intelsat EPIC incluyen:

- Mayores rendimientos (bits/Hz) lo cual reduce el costo por bit para los operadores.
- Haces anchos y estrechos lo que brinda los beneficios del broadcast y conectividad de alto rendimiento.
- Múltiples frecuencias alineadas con los requerimientos específicos de la región y la aplicación.
- Es compatible hacia adelante a medida que las tecnologías de las estaciones terrenas avancen.
- El alto rendimiento, la alta eficiencia y la alta disponibilidad habilita a los terminales pequeños para soportar nuevas aplicaciones tales como movilidad marítima y aeronáutica y beneficiar el incremento de datos en servicios tales como celular backhaul.
- Completa integración con la flota de satélites de Intelsat e IntelsatOne.

Intelsat Epic aplica la tecnología de múltiples haces en la banda C, Ku y Ka brindando un incremento de rendimiento sobre una base eficiente. La selección de la mejor frecuencia para una aplicación dada y el tamaño del haz puntual es manejado por muchas consideraciones entre las que se encuentran:



- Si quiero cubrir un área geográfica extensa tal como el continente americano, con un solo satélite necesito grandes haces puntuales C o Ku.
- Los requerimientos de disponibilidad del servicio de usuario llevan a la elección de la frecuencia para minimizar el impacto de la atenuación por lluvia.
- Los usuarios pueden tener gateways y terminales de usuarios ya desarrollados y pueden ordenar su transición a una plataforma de satélites de alto performance que usen la misma frecuencia.
- Un usuario puede desear combinar diferentes frecuencias en su red para suministrar servicios optimizados para múltiples regiones y aplicaciones.

Hay varios satélites HTS en operación y un elemento de diseño común en la mayoría de estos sistemas (típicamente en banda Ka) es una topología de red que limita la conectividad y tiene bajo aislamiento de los haces puntuales cocanales. Como resultado la mayoría de ellos son diseñados con una arquitectura que es propietaria y cerrada y esto representa una severa limitación para muchos operadores. Intelsat Epic permite la conectividad entre múltiples haces puntuales incluyendo estrella, malla y loopback dentro del mismo haz de usuario. Esto garantiza la compatibilidad hacia atrás con redes existentes y la compatibilidad hacia delante con completa flexibilidad para desarrollar el diseño de red y la tecnología a la medida del usuario. El resultado final es que el diseño de Intelsat Epic incrementa la efectividad-costo del ancho de banda, minimiza los gastos capitales brindando compatibilidad hacia atrás con las redes existentes, permite a los usuarios el control completo de la topología y la administración de su red y los servicios que ellos brindan al usuario final.

El empleo de los haces puntuales en Intelsat Epic brinda 2 beneficios adicionales: el incremento en el rendimiento de recepción (mayor G/T) y una mayor potencia de enlace descendente (PIRE). Esto se traducen en mejoras de la eficiencia espectral ofrecida a los usuarios; que son los Mbps que pueden ser logrados en un Mhz de ancho de banda del satélite. La combinación del incremento en MHz y la eficiencia espectral mejorada permite a los proveedores de servicio lograr un significativo aumento en el rendimiento (total de Mbps)[6].

O3B

Es una constelación de 12 satélites construidos para trabajar con redes móviles y redes IP. Operan en la órbita de media altura aproximadamente a 8062 km de altura por lo que no sufren de la alta latencia intrínseca en los satélites geoestacionarios. Posee un tiempo de ida y vuelta menor de 150 ms en vez de los 500 ms de los satélites GEO ubicados a 36000 km. El tiempo de duración de la vuelta a la tierra es de 360 minutos por lo que cada satélite tiene 4 contactos con el mismo lugar en el día [5]. Su área de servicio está entre $\pm 45^\circ$ de latitud Norte y Sur. Debido a que no es geoestacionario las estaciones terrenas remotas requieren de 2 antenas para poder seguir los satélites. Una apunta hacia el satélite que está ofreciendo la cobertura a la zona y la otra está apuntando hacia el siguiente satélite para establecer la conectividad cuando este a la vista y antes que el actual desaparezca. A este método le llaman “make-before-break” y permite mantener ininterrumpido el flujo de datos durante el cambio de satélites. Opera en banda Ka y con polarización circular.

Cada satélite tiene 12 antenas direccionables es decir que se pueden mover en dependencia de la zona de cobertura contratada por el usuario, siempre dentro de la latitud $\pm 45^\circ$. 10 antenas son empleadas para los haces de usuario y 2 para la conectividad con la puerta de enlace (Gateway). Cada antena es un haz y por región puede haber hasta 7 haces (son 7 regiones). Cada haz puede ser apilado en la misma ubicación para brindar capacidad adicional. Cada haz de usuario está configurado con un transpondedor de un ancho de banda de 216 MHz en la dirección hacia arriba y otro igual en la dirección opuesta. Puede entregar hasta 1.6 Gbps por haz (800 Mbps x 2). Cada haz de puerta de enlace está conectado a 5 haces de usuarios y también se pueden configurar haces de loopback para brindar conectividad hacia arriba y hacia abajo en el mismo haz. Dichas puertas de enlace están estratégicamente ubicadas en los backbone de internet conformando así una red global lo cual brinda opciones de conectividad seguras, fiables y seguras[5].

O3B es particularmente apropiado para las aplicaciones interactivas, aplicaciones en la nube (Cloud), Voz IP, juegos entre múltiples personas y aplicaciones que usen bases de datos. Dicho sistema satelital es llamado la fibra en el cielo debido a su baja latencia comparable con la de las fibras ópticas de larga distancia. A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los satélites HTS Intelsat EPIC y O3B.



Tabla 1: Comparación entre satélites Intelsat EPIC y O3B.

Intelsat EPIC	O3B
<u>Orbita.</u> Circular ecuatorial a una altitud de 35786 km sobre el nivel del mar.	Circular ecuatorial a una altitud de 8062 km sobre el nivel del mar.
<u>Banda de frecuencia.</u> C, Ku y Ka. Esto le permite al usuario seleccionar la frecuencia adecuada para minimizar el impacto del desvanecimiento por lluvia y así cumplir con los requerimientos de disponibilidad de servicio. También el usuario puede combinar diferentes frecuencias en su red con el objetivo de brindar servicios optimizados para múltiples regiones y aplicaciones[6].	Solo Ka.
<u>Perdidas en el espacio libre</u> ¹ : 199.74 dB a 6.4 GHz	199.9 dB a 29.1 GHz
<u>Latencia.</u> 500 ms de tiempo de ida y vuelta. Esto impacta en el funcionamiento de múltiples aplicaciones como por ejemplo la voz y las aplicaciones interactivas.	150 ms tiempo de ida y vuelta.
<u>Tipo de sistema.</u> Está basado en una arquitectura abierta y compatible hacia atrás permitiéndole a las organizaciones gubernamentales, móviles y de banda ancha emplear el hardware existente[7].	Está basado en una arquitectura cerrada.
<u>Topología de red.</u> Permite la conectividad entre múltiples haces incluyendo estrella, malla y también loopback que es la conectividad dentro del mismo haz de usuario. Este aspecto garantiza la compatibilidad hacia atrás con las redes existentes y la flexibilidad al usuario de seleccionar el diseño de red y la tecnología que desee[6].	Es estrella donde cada haz de Puerta de Enlace está conectado a 5 haces de usuarios y también soporta haces de loopback para brindar conectividad hacia arriba y hacia abajo en el mismo haz.
<u>Escalabilidad.</u> Se puede escalar hasta la capacidad total de un transpondedor.	Los clientes pueden escalar hasta la capacidad total de un haz (beam) y más allá mediante la superposición de múltiples haces.
<u>Tipo de transpondedor:</u> digital el cual es capaz de interconectar cada uno de los múltiples haces, es decir, realizar funciones de enrutamiento[8].	Es Bent-pipe y esto significa que el procesamiento de las señales y la conmutación es en el Gateway y no a bordo del satélite
Throughput: Transpondedores con gran ancho de banda.	Transpondedores con gran ancho de banda y reducción de la latencia de transmisión.

Entre estos dos sistemas satelitales (uno GEO y uno de orbita media (MEO)) con el mismo ancho de banda el de orbita media tiene ventaja en cuanto al desempeño de las aplicaciones de internet más comunes dígase la transferencia de ficheros, las aplicaciones web, los juegos interactivos, llamadas de voz y video. Eso se debe a que tienen menos altura sobre la tierra (8062 km comparado a 36000 km) y por ende un tiempo menor de ida y vuelta (round trip delay) del paquete IP. Por ejemplo, en videoconferencias y aplicaciones de voz conversacional cuando la demora del round trip delay excede los 250-300 ms la conversación de voz se vuelve poco natural y pierde interactividad. Los participantes no pueden interrumpirse mutuamente y deben esperar a que el otro termine de hablar lo que hace lucir la comunicación como si fuera half duplex. La calidad de la llamada de voz es usualmente medida por medio de la recomendación G.114 de la UIT y refleja que cuando el delay en un solo sentido se incrementa por encima de 275 ms algunos usuarios se sienten insatisfechos. En aplicaciones que emplean el Protocolo de Control de la Transmisión (TCP) a medida que aumenta el producto delay-ancho de banda se reduce el throughput extremo a extremo o el desempeño TCP. Entre esas aplicaciones esta FTP y las aplicaciones web[9].

¹ La fórmula empleada fue $Lo = 20 \log D + 20 \log f + 92,5 \text{ dB}$



Para resolver la desventaja del enlace geoestacionario (alta latencia) algunos operadores como Hughes emplean los Proxys de Mejora del Rendimiento(PEP) cuyo objetivo es mejorar el rendimiento en la capa de transporte y en la capa de aplicación. Por ejemplo en enlaces con un alto valor del producto ancho de banda/demora se podría implementar un Proxy de Mejora del Rendimiento para TCP (TCP PEP) para alterar el comportamiento de la conexión TCP generando reconocimientos(ACK) locales en los segmentos de datos TCP y así mejorar el rendimiento de la conexión [10]. En la capa de aplicación se podrían emplear técnicas para acelerar el protocolo HTTP como por ejemplo proxys cache, prebúsquedas del contenido HTTP, conexiones HTTP persistentes [11].

Otra forma de aumentar la cantidad de bits por segundos y hacer más eficiente la utilización del espectro es empleando el estándar DVB-S2 y sus extensiones DVB-S2x. El estándar DVB-S2 es una mejora al anterior DVB-S y ha sido diseñado para cubrir una gran variedad de aplicaciones de satélite y entre las que están:

- Servicios interactivos de datos incluyendo acceso a internet.
- Distribución de contenidos de datos trunking y otras aplicaciones profesionales.
- Está caracterizado por un flexible adaptador de flujo de entrada disponible para la operación con flujos simples y múltiples de varios formatos (paquetizados o continuos).

DVB-S tenía modulaciones que llegaban hasta 8PSK y 16 QAM mientras que DVB-S2 incluye estas y además tiene 16 APSK y 32 APSK logrando así mayor eficiencia espectral. QPSK y 8PSK son usadas para aplicaciones de broadcast y pueden ser empleadas en transpondedores no lineales cercanos a la saturación. 16 APSK y 32 APSK han sido elegidas para aplicaciones profesionales, requieren mayores niveles de C/N y la adopción de métodos de predistorsión en la estación terrena ascendente para minimizar los efectos de la no linealidad en el transpondedor. Cuando están disponibles grandes márgenes de potencia, la eficiencia espectral puede incrementarse más reduciéndose así el costo por bit, en estos casos las modulaciones 16APSK y 32 APSK son más convenientes. Se debe aclarar que las constelaciones 16 APSK y 32 APSK han sido optimizadas para operar sobre transpondedores no lineales poniendo los puntos en círculos. Otros aspectos que mejoraron la eficiencia del ancho de banda fueron el uso del Codificador de Chequeo de Paridad de baja Densidad(LDPC con siglas en ingles) para el FEC y los nuevos modos de operación específicamente Modulación y Codificación Variable(VCM con siglas en ingles) y Modulación y Codificación Adaptativa(ACM con siglas en ingles). La introducción de modulaciones de mayor orden necesitan un incremento en la potencia para lograr similar Energía de Bit sobre Ruido (E_b/N_0) pero esto se contrarresta con la disminución de potencia que se logra con los haces puntuales de los satélites HTS. DVB-S2 tiene un factor de roll-off que puede llegar hasta 0.20 lo que permite restringir un poco más el ancho de banda ocupado por la portadora aunque también esto puede producir grandes degradaciones no lineales en el satélite para la operación en portadora simple.

Comparando los estándares DVB y DVB-S2 en cuanto a las modulaciones QPSK y 8PSK con un FEC de 2/3 se muestra que para lograr una Proporción de Errores de Bit (BER) de 1×10^{-9} DVB-S necesita un E_b/N_0 de 6.10 dB contra 4.35 dB empleando DVB-S2 lo cual provoca una reducción de 1.75 dB en la potencia requerida para lograr el mismo E_b/N_0 con DVB-S2 reduciendo así la potencia espectral en un 28.7%. Para una velocidad de datos de 6 Mbps usando 8PSK con un FEC 2/3 el DVB-S tendría una velocidad de símbolo de 3.26 MSps y asumiendo un factor de espaciado de portadora de 1.3 requeriría 4.23 MHz de ancho de banda en el satélite. En comparación el DVB-S2 podría tener una velocidad de símbolo de 3.03 Msps necesitando 3.94 MHz de ancho de banda en el satélite resultando en un ahorro de ancho de banda de aproximadamente 6.9 % [12].

DVB-S2X tiene entre sus ventajas que el rango de E_s/N_0 es extendido desde -10dB hasta +24 dB, en DVB-S2 solo llegaba hasta -3 dB. DVB-S2X logra un incremento en la disponibilidad, en la granularidad de los modcod y alcanza esquemas de modulación de mayor orden por ejemplo 64 APSK.

- Tiene factores de roll-off de 5%, 10% y 15% permitiendo que menos energía se esparza dentro de las bandas adyacentes y así operar sin excesivas banda guardas.
- Filtros avanzados que permiten la eliminación de lóbulos laterales próximos a las portadoras y así el espacio entre portadoras es reducido. Se pondrán colocar portadoras más cercanas mutuamente lo cual traerá ganancias en ancho de banda.
- Incrementa el número de elecciones FEC brindando mayor resolución para la modulación óptima con un E_s/N_0 que va desde -3 hasta 19 dB de rango dinámico.
- Mayores esquemas de modulación 64 APSK(6 bits por hertz), 128 APSK(7 bits por hertz) y 256 APSK(8 bits por hertz) están incluidos para trabajar con cálculos de enlaces mejorados debido a grandes antenas y satélites más poderosos.



19 del 26 al 30 de noviembre de 2018
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA

54
ANIVERSARIO
cujae

-DVB-S2X permite establecer servicios diferenciados entre operación lineal (para un transpondedor no saturado) y operación no lineal(para un transpondedor saturado). Este introduce modcods que son menos sensibles a la distorsión en transpondedores saturados y operación en multiportadoras. Algo novedoso del estándar DVB-S2X es que soporta transpondedores con anchos de bandas desde 72 MHz(por ejemplo sistemas banda C) hasta varios cientos de MHz(por ejemplo sistemas HTS en banda Ka que tienen transpondedores de ultraancho de banda distribuidos entre los haces cada uno con un ancho de banda de 100 MHz o más)[12].

Modem satelitales empleados en banda ancha

El modem es el equipamiento en la estación terrena que modula y demodula la señal de banda base. Su función es adaptar la señal en banda base al canal de comunicación y viceversa; para ello la codifica y la modula en el sentido de transmisión y decodifica y demodula en el sentido de recepción. Adquiriendo módems de alta velocidad que soporten DVB-S2 adicionales a otras características propias de ellos como por ejemplo ACM + Control Automático de Potencia Ascendente(AUPC) se podrán asumir estos grandes anchos de bandas.

3. CONCLUSIONES

El empleo de satélites de alto rendimiento, la introducción de las técnicas de modulación y codificación (modcod) más avanzadas, las codificaciones adaptativas hacen que podamos ir acorde a las tendencias actuales en los sistemas satelitales mundiales. El aumento del throughput se puede lograr de varias formas: reduciendo la latencia de transmisión utilizando satélites MEO, empleando transpondedores de gran ancho de banda por encima de 100 MHz junto a reutilización de múltiples haces puntuales, modulación y codificación (modcod) más avanzadas y técnicas de codificación adaptativas para compensar la atenuación por lluvia especialmente en sistemas de banda Ka y Ku. También se pueden emplear proxys de mejora del rendimiento y el estándar de la capa física DVB-S2X.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Buetler. (2009, Abril de 2009) Ensuring VoIP Quality... SatMagazine. 65. Available: www.satmagazine.com
- [2] Sanjeev Bhatia, "Understanding High Throughput Satellite (HTS) Technology.," p. 17 Accessed on: 28/02/2017 Available: <http://www.intelsat.com>
- [3] "The View from JUPITER: High-Throughput Satellite Systems," Accessed on: 13/04/2017 Available: <http://www.hughes.com>
- [4] G. V. O.Vidal, J.Lacan, E.Alberty, J.Radzik, and M.Bousquet, "Next Generation High Throughput Satellite System," Available: <http://oatao.univ-toulouse.fr/6908/1/Lacan-6908.pdf>
- [5] (2016, 21/02/2017). Our Technology at a Glance [Página web]. Available: <https://www.o3bnetworks.com/technology/>
- [6] "The Intelsat EpicNG Platform: High Throughput, High Performance to Support Next-Generation Requirements," p. 4 Accessed on: 23/03/2017 Available: <http://www.intelsat.com>
- [7] Inteslat. (2015, 20/02/2017). The Next Generation of Satellite Technology. Available: <http://www.intelsat.com>
- [8] "Operating in an EpicNG Environment ", p. 12 Accessed on: 20/02/2017 Available: <http://www.intelsat.com/global-network/satellites/epicng/>
- [9] S. H. Blumenthal, "Medium Earth Orbit Ka band Satellite Communications System," presented at the Military Communications Conference, MILCOM 2013, San Diego, CA, USA 18-20 Nov. 2013 2013. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6735634/?reload=true>
- [10] Performance Enhancing Proxies Intended to Mitigate Link-Related Degradations, 2001.
- [11] N. N. Paul Davern, Cormac J Sreenan, Ahmed Zahran, "HTTPEP: a HTTP Performance Enhancing Proxy for Satellite Systems," International Journal of Next-Generation Computing, Vol. 2, No. 3, vol. 2, p. 15, 2011.
- [12] D. MINOLI, "DVB-S2 modulation extensions and other advances.," in Innovations in satellite communication and satellite technology : the industry implications of DVB-S2X, high throughput satellites, Ultra HD, M2M, and IP. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015, pp. 51-84.

SOBRE EL AUTOR

Maikel López Socarras es graduado de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica en el Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echevarria (ISPJAE) en el año 2008. Labora en el Centro Internacional Telecomunicaciones Jaruco (Estación Terrena Caribe) y tiene experiencia en comunicaciones satelitales.