

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN REDES DE COMUNICACIONES

“SIMULACIÓN DE UNA RED DE ACCESO A INTERNET UTILIZANDO ESTACIONES SATELITALES BAJO EL ESTANDAR DBV-S (DIGITAL VIDEO BROADCASTING – SATELLITE) Y DVB-RCS ((DIGITAL VIDEO BROADCAST - RETURN CHANNEL VIA SATELLITE)”

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
MAGISTER EN REDES DE COMUNICACIONES

MONCAYO OLALLA CARLOS ALBERTO

Quito, 2011

INDICE

| | |
|---|-----------|
| INDICE..... | 2 |
| CAPITULO 1..... | 5 |
| 1.1. Introducción..... | 6 |
| 1.1.1 Objetivos | 11 |
| 1.1.1.1 General | 11 |
| 1.1.1.2 Específicos..... | 11 |
| 1.1.2 Justificación del proyecto | 12 |
| CAPITULO 2..... | 13 |
| 2.1. Estado del arte de los modelos de redes satelitales bajo el estándar DBV-S y DVB-RCS..... | 14 |
| 2.1.1 Antecedentes: evolución de las comunicaciones satelitales..... | 14 |
| 2.1.2 Estándares de comunicación satelital..... | 34 |
| 2.1.2.1 Introducción a la tecnología Vía Satélite..... | 34 |
| 2.1.2.2 Estandarización y normalización de la tecnología Vía Satélite .. | 38 |
| 2.1.2.3 DVB: El estándar más usado en el mundo | 39 |
| 2.1.3 Estándar DVB-S..... | 46 |
| 2.1.4 Estándar DVB-RCS | 51 |
| 2.2. Topologías de redes Satelitales: Arquitectura de Red..... | 58 |
| 2.2.1 Redes Unidireccionales. | 58 |
| 2.2.2 Redes Híbridas | 59 |
| 2.2.3 Sistemas Bidireccionales | 60 |
| 2.2.4 Elementos de la red Vía Satélite | 62 |
| 2.2.5 Ventajas y desventajas | 85 |
| Ventajas | 85 |
| Desventajas | 87 |
| CAPITULO 3..... | 89 |
| 3.1.1 Consideraciones Generales | 90 |
| CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL INTERNET VÍA SATÉLITE | 91 |
| 3.1.2 DIAGRAMAS Y TIPOS DE RED | 94 |
| Topologías de Red..... | 95 |
| 1. Enlaces SCPC | 95 |
| 2. Enlaces VSAT..... | 97 |
| 3. Enlaces PAMA/DAMA topología Malla..... | 100 |
| Tipos de Sistemas de Conexión a Internet Vía Satélite..... | 101 |

| | |
|---|------------|
| Asignación de recursos..... | 161 |
| Asignación Dinámica De Recursos A Las Estaciones RCST | 163 |
| Control De Conexión..... | 165 |
| Establecimiento de conexión entre cliente y servidor | 165 |
| 4.2.2 SIMULACIÓN DE LA RED PROPUESTA..... | 167 |
| 4.2.2.1 CONSIDERACIONES GENERALES | 167 |
| Del Escenario..... | 168 |
| De la topología de red..... | 169 |
| Del Simulador | 170 |
| 4.2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS | 176 |
| 4.2.3.1 Primer Escenario de Simulación | 176 |
| 4.2.3.2 Segundo Escenario de Simulación | 179 |
| 4.3 Consideraciones Económicas | 183 |
| 4.3.1 Análisis de Costo Beneficio de la solución | 183 |
| 4.3.2 Análisis de Costos del servicio | 188 |
| CAPITULO 5..... | 196 |
| 5.1 Conclusiones y Recomendaciones..... | 197 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 199 |

CAPITULO 1

1.1. Introducción

En los últimos años, la tecnología satelital ha recobrado gran importancia en el terreno de las comunicaciones. El desarrollo de la fibra óptica parecía que iba a obstaculizar la evolución de los satélites artificiales de comunicación, como consecuencia de sus características de transmisión (Velocidad, Capacidad, Durabilidad...), pero pocos pensaron en los diversos retos que debía enfrentar esta tecnología de comunicación (geográficos, climáticos, y sobretodo financieros).

Para cumplir el propósito de ampliar las comunicaciones, integrando todos los rincones de la tierra, la exploración terrestre no ha sido suficiente. La fibra óptica ha proporcionado grandes ventajas en materia de comunicaciones, pero los altos costos de inversión para su desarrollo se han convertido en una limitante muy importante. Por tal motivo los satélites artificiales de comunicación aún se presentan como una buena opción. Relativamente los costos de inversión son menores, y el alcance es mayor.

Prácticamente no habrá punto en la tierra sin la posibilidad de comunicación. Las barreras físicas que apartaban zonas enteras de los cinco continentes, como desiertos, montañas, océanos, selvas y polos glaciares ya no serán un obstáculo para las comunicaciones. Los satélites artificiales proporcionarán cobertura a regiones donde la comunicación por redes terrestres es prácticamente imposible, o sumamente costosa.

Todos sabemos lo fácil que resulta conseguir una conexión a Internet en grandes ciudades y en la mayoría de poblaciones. Todos estos lugares disponen de una línea de teléfono. Sin embargo, la cosa se complica cuando nos adentramos en lo más lejano y agreste de la geografía, en esas zonas inhóspitas donde ni siquiera llega el teléfono pero que también tienen empresas que necesitan comunicarse con clientes y proveedores.

En esos casos nos acordamos de sistemas de comunicación alternativos como el satélite, que hacen posible una conexión a Internet a grandes velocidades y que permiten que esas pymes no estén tecnológicamente aisladas y desconectadas del resto de las empresas de cualquier parte del mundo.

Las expectativas de negocio que han creado en los últimos años estas necesidades de conexión en zonas de difícil acceso han permitido el crecimiento de la industria del satélite como fórmula idónea para prestar un servicio inalcanzable por otros medios. De esta forma, la Red se está convirtiendo en el elemento impulsor de una importante demanda de ancho de banda por parte del mercado, lo que a su vez ha provocado investigaciones que acaban en útiles y novedosos desarrollos tecnológicos.

En este tipo de accesos la conexión a Internet se realiza de manera directa al satélite, sin usar líneas telefónicas terrestres. Es una prestación destinada a todo tipo de usuarios que requieran de un servicio de comunicación

independiente, incluidos los profesionales o pymes que no posean una conexión terrestre suficiente o que requieran un servicio independiente de las comunicaciones terrestres habituales.

El mercado permite que una pyme tenga los servicios de Internet por diferentes caminos. El acceso tradicional del teléfono, ADSL, cable o luz eléctrica son sólo algunas de las posibilidades junto al satélite. Todos tienen ventajas e inconvenientes.

En el caso de, por ejemplo, los sistemas considerados tradicionales, se hace necesaria una infraestructura terrestre determinada, mientras que los equipos de comunicación por satélite permiten comunicarse en voz, fax, datos o SMS desde cualquier lugar del mundo, independientemente de dicha infraestructura.

Ésas son, probablemente, sus mayores ventajas: la portabilidad, la facilidad de uso y la posibilidad de comunicación en zonas remotas. Y todo ello sin olvidar que podemos contar con acceso a Internet estemos donde estemos con las mismas características que una conexión ADSL.

Hasta el momento, las conexiones vía satélite han permanecido asociadas únicamente a la televisión digital y a los servicios de información. Sin embargo, el satélite es uno de los medios más factibles para llevar Internet de banda ancha a cualquier zona que no disponen de infraestructura digital.

El acceso satelital a Internet es bastante similar a la televisión satelital: un satélite que rodea la tierra expande la información y la envía a la antena parabólica que se encuentra conectada al equipo del cliente. Esta antena es capaz de transmitir 400 Kb de información por segundo, hacia un módem satelital especial conectado a un PC.

Las principales ventajas de las conexiones satelitales son la velocidad de recepción de datos y la disponibilidad geográfica, ya que abarca todo el territorio nacional incluido las zonas rurales que no disponen de banda ancha para el acceso a Internet.

Inicialmente la tecnología satelital de banda ancha se desarrolló como una solución vista desde el punto de acceso de señal bajada o en una sola vía (One Way) permitiendo reforzar las instalaciones de acceso vía telefónico, en donde el sistema en forma híbrida permitía unos excelentes resultados siempre y cuando la red de subida ofreciera una solución estable, el desarrollo de la televisión en formato digital DVB ofreció un nuevo camino para introducir esta vía como medio de bajada, las nuevas técnicas de modulación en frecuencia y en tiempo simultáneamente (MF-TDMA) en conjunto con los avances en los satélites de nueva generación hacen que la tecnología se implemente en dos vías, es así como el nombre técnico de DVB-RCS conforme a las siglas en ingles de “ Digital vides Broadcast – Return Channel Systems” .

La solución es en doble vía satelital porque mediante una misma estación satelital SIT en sitio del cliente se establece una sola conexión de banda ancha a INTERNET.

La solución DVB-RCS es un sistema de red satelital se basa en un telepuerto o HUB, del cual tiene la funcionalidad de gateway entre la red satelital y la interconexión IP hacia INTERNET. La red satelital en doble vía se beneficia de los servicios de los satélites de Hispasat 1C y 1D conformando en doble vía la interconexión, la señal de bajada DOWNLINK se encapsula sobre el estándar DVB mediante tecnología TDM lográndose velocidades desde 128Kbps hasta 60 Mbps. De igual forma la señal de retorno o RCS se efectúa mediante multiplexación en frecuencia y tiempo MF-TDMA encapsulando el protocolo IP sobre ATM (AAL5) lográndose velocidades entre 32Kbps hasta 2Mbps.

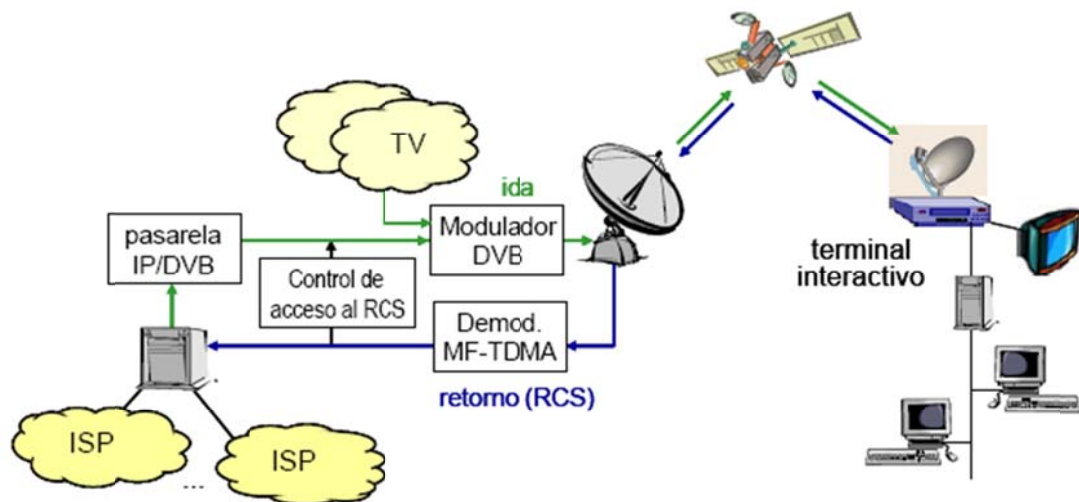


Figura 1. Ejemplo de sistema DVB-RCS

Las aplicaciones satelitales son variadas, tales como:

- Internet de Banda ancha
- Telemedicina
- Sistemas de Control y telemetría – RTU: SCADA, Trafico, Minería...
- E-Learning
- E-Business
- Web caching y hosting
- Voz sobre IP (soluciones privadas)
- Videoconferencia
- IP video streaming
- Redes VPN corporativas

1.1.1 Objetivos

1.1.1.1 General

Modelar mediante simulación una red de acceso a Internet utilizando estaciones satelitales bajo el estándar DBV-S (digital video broadcasting – satellite) y DVB-RCS (digital video broadcast - return channel via satellite) con asignación dinámica de recursos.

1.1.1.2 Específicos

- Analizar el estado del arte de los modelos de redes satelitales bajo el estándar y DVB-RCS
- Analizar la funcionalidad de una red de acceso a Internet mediante tecnología satelital.

- Analizar las ventajas de una red basada en tecnología satelital con asignación dinámica de recursos.
- Crear un simulador para probar la factibilidad de la red.
- Simular el modelo de red de acceso a Internet propuesto.

1.1.2 Justificación del proyecto

El presente trabajo entregará un análisis del estado del arte de la tecnología satelital bajo el estándar DBV-S y DVB-RCS, y la simulación de una red de acceso a Internet bajo estos estándares con asignación dinámica de recursos, buscando con esto demostrar la factibilidad y ventajas de una red de acceso a Internet mediante tecnología satelital bajo el estándar DBV-S y DVB-RCS.

CAPITULO 2

2.1. Estado del arte de los modelos de redes satelitales bajo el estándar DBV-S y DVB-RCS

2.1.1 Antecedentes: evolución de las comunicaciones satelitales

El regreso de las aplicaciones satelitales y la convivencia entre nuevas tecnologías marcan otra etapa en los servicios de comunicación. A lo largo de los años varios acontecimientos relacionados con la industria satelital dieron la pauta para concentrar nuevamente la atención en el qué, cómo y para qué de los satélites de comunicaciones. En el ámbito internacional se dio inicio a las operaciones de la constelación IRIDIUM, la primera de varias que darían servicios de telefonía satelital.

El proceso de la evolución de la tecnología en materia de comunicaciones ha tenido etapas diferenciadas donde por ejemplo se ha pasado por enlaces terrestres punto a punto por líneas conmutadas, enlaces dedicados, terrestres, punto-multipunto o multicast satelital.

Al mismo tiempo se ha dado la evolución tecnológica de las conexiones, empezando con el modelo LAN (Local Area Network) a WAN (Wide Area Network), pasando por todo el espectro de aplicaciones terrestres e inalámbricas, hasta llegar a las conexiones satelitales y en muchas ocasiones se dice que "el satélite es el más democrático de los medios de

comunicación, ya que llega a todas partes haciendo que la comunicación global sea una realidad".

Ahora bien, siendo la tecnología satelital incluso anterior a ciertas modalidades inalámbricas, ha sido relativamente desplazada por estas, pero no se ha quedado estancada, de hecho ha evolucionado hasta llegar a obtener las aplicaciones que hoy se tienen, fundamentalmente orientadas a la atención de redes corporativas y proveedores de servicios a terceros. Y no sólo eso, se vislumbra hoy un vigoroso retorno hacia el uso de los satélites, ahora en combinación con la fibra óptica y otras modalidades inalámbricas.

En los años 60, se iniciaron las primeras investigaciones en el dominio de las telecomunicaciones móviles por satélite estudiando concretamente los enlaces avión-satélite.

En 1964, se lanzó SYNCOM, el primer satélite de experimentación para transmisión digital de datos a baja velocidad con un avión. Entre tanto en 1965 se lanzaba el primer satélite comercial de INTELSAT, dedicado a la comunicación con estaciones fijas. Mientras tanto, seguían las investigaciones.

En 1967, una experiencia de transmisión de voz en modo dúplex fue realizada con éxito. En los años 70, el proyecto de experimentación Aerosat

daba nuevos resultados. Pero los aviones todavía no podían utilizar los avances de estas investigaciones.

Es en aquel momento, en 1976 cuando se creó MARISAT (Maritime Satellite) que fue el primer representante de la telecomunicación móvil por satélite. Era una empresa comercial que proporcionaba servicios de radiotelefonía a los barcos.

Al principio, se utilizaban tres satélites MARISAT alquilados a COMSAT GENERAL en E.E.U.U. , dos satélites Marecs de la ESA (European Space Agency) y cuatro canales de comunicaciones marítimos en los satélites INTELSAT.

Pero fue sólo en 1979 cuando se fundó el consorcio mundial INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) el primero que aseguraba un servicio de comunicación por satélite para el rescate marítimo. Comenzó a proporcionar servicios en 1982 con su primera generación de satélites. Dedicado al principio a servicios marítimos, extendió sus servicios, a lo largo de los 80 (hasta los últimos años) y mediante el lanzamiento de su segunda y tercera generación de satélites, a los dominios aeronáuticos y terrestres porque en los últimos años, las comunicaciones móviles se han implantado en la sociedad de manera inexorable.

1ª generación - INMARSAT-1: En 1982, los satélites de INMARSAT extendían su cobertura a las vías aeronáuticas transoceánicas y ya ofrecían servicios tanto para barcos como aviones.

2ª generación - INMARSAT-2: En 1992, la 2ª generación añade nuevos servicios y más concretamente una banda especial para las comunicaciones aeronáuticas. Representa una capacidad equivalente a 250 veces la de INMARSAT-1 en número de circuitos de voz.

3ª y nueva generación - INMARSAT-3: El primero de los 5 satélites Inmarsat fue lanzado en abril 1996 y los otros lo serán a intervalos de tiempo regulares a lo largo de los años 1996 y 1997. La última tecnología de haz puntual del satélite está particularmente estudiada para terminales más pequeños. Cada vez que se aumenta la potencia de los satélites (en In-3, 8 veces más que en In-2) se posibilita la reducción del tamaño y del precio de los terminales.

Los satélites INMARSAT usan órbitas estacionarias a 35786 km de altura en el plano de ecuador. Cada satélite proporciona cobertura a un tercio de la superficie terrestre y está estratégicamente posicionado sobre una de las cuatro regiones oceánicas.

Resulta que la gran mayoría conoce los sistemas móviles terrestres o, como se les denomina de forma comercial sistemas celulares. Sin embargo, los sistemas como INMARSAT que proporcionan servicios móviles por satélite son más desconocidos, tanto para el gran público como incluso para los profesionales de las telecomunicaciones.

Desde los años 80, el satélite ha sido utilizado en este sentido, completando la carencia de enlaces entre barcos y ofreciendo buenos medios de

comunicaciones entre aviones y tierra. Pero, ahora que las redes de comunicaciones móviles terrestres se hacen cada vez más importantes pero todavía demasiado desparramadas para comunicar con regiones aún no enlazadas, el satélite se está convirtiendo en un elemento de paso obligado en las redes móviles. Veamos más concretamente el papel actual y futuro del satélite en estas redes:

- Completar la cobertura de una zona utilizando la existencia de redes locales
- Extender la cobertura a usuarios fuera de la zona prevista por el sistema celular
- Utilizar el MSS (Mobile Satellite System) para usuarios marítimos y aeronáuticos

La tecnología satelital optimiza la transmisión de datos, sin embargo lo que resulta más caro al emplear esta alternativa es el segmento espacial ya que se trata de un costo recurrente. Las soluciones satelitales en general se desarrollan haciendo énfasis en la optimización del uso de protocolos con el propósito de disminuir el uso del mencionado segmento espacial. Los protocolos marcan la pauta en la evolución de la tecnología.

En forma general, las ventajas que ofrecen los servicios satelitales se resumen en su disponibilidad universal, su rápida instalación, una configuración rápida y remota, alta confiabilidad y no son sensibles a las distancias. Las ventajas particulares del satélite son:

Una flexibilidad intrínseca que le permite encontrar soluciones dinámicas, así puede escoger el camino más interesante en función de la posición y de la movilidad del usuario. Y eso de modo muy fácil. Además podría resolver problemas de congestión si está prevista la reconfiguración dinámica del sistema de atribución de canales.

Su disponibilidad particular en caso de desastre natural. Si la red local está averiada sería entonces posible para la población utilizar los recursos de un satélite con un simple móvil.

En función del tipo de terminal del que se disponga, el usuario puede disfrutar de muy diversos servicios. A continuación los diferentes tipos o estándares de terminales, así:

| INMARSAT-A | INMARSAT-B | INMARSAT-C | INMARSAT-E | INMARSAT-M |
|--------------------|--------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Telefonía | Telefonía | Telex | Sistema de radiobalizas | Telefonía |
| Telex | Telex | Datos | Fax | Datos |
| Datos | Datos | | Datos | Fax |
| Fax | Fax | a 600 bps | Teléfono | (digital) |
| Correo electrónico | Correo electrónico | | Telex | (Term. tamaño reducido) |

| INMARSAT - Aero C | INMARSAT - Aero H |
|---|---|
| Datos | Telefonía y datos multicanal |
| Mensajería | Fax |
| Información automática de posición ¹ | Múltiples opciones relacionadas con la transmisión de datos |

Tabla 1. Servicios Inmarsat

También existen Aero-I y Aero-L. Aero-L proporciona un servicio de datos a baja velocidad para aviones comerciales, empresariales y privados. Veamos los tipos de terminales utilizados para Tierra, Mar y Aire:

| TIERRA | MAR | AIRE |
|--------|-----|--------|
| A | A | Aero-C |
| B | B+M | Aero-H |
| C | C | Aero-I |
| M | E | Aero-L |

Tabla 2. Tipos de Terminales

El estándar INMARSAT-P está previsto para proporcionar servicios de telefonía y de fax. Será un verdadero teléfono portátil por satélite a bajo precio.

Tipos y usos de los satélites.

Una vez definidos los tipos de servicios, el análisis de la arquitectura del sistema impone la selección de una configuración orbital conveniente en términos de características de constelación, área de cobertura, utilización de servicio y aspectos de handover.

Las arquitecturas de red satelital, se caracterizan por una cobertura extensa, alta rapidez de instalación y despliegue, y un coste asociado independiente de la distancia dentro de la zona cubierta.

Los satélites poseen capacidades de transmisión de cientos de Mbps, capacidad mayor en el enlace descendente (downstream) que en el ascendente (upstream), donde la capacidad depende de las características de cada sistema y en particular del tamaño de las antenas.

Es un medio ideal para los servicios de difusión, como consecuencia de las características anteriores.

Las redes satelitales, pueden tomar múltiples configuraciones en función de qué tipo de orbita describan los satélites que la forman. Esto determinará cuáles son las prestaciones asociadas al sistema, cobertura, velocidad, retardo, costo, movilidad y capacidad de crecimiento.

Así son cuatro los sistemas que se han desarrollado, en la aplicación de los servicios vía satélite, estos son las redes de satélites geoestacionarios o **GEO** (Geostacionary Earth Orbit) y las redes de satélites no

geoestacionarios, que pueden ser de tres tipos **HEO**(High Elliptical Orbit), **MEO** (Médium Earth Orbit) y **LEO**(Low Earth Orbit). Los dos sistemas más utilizados y de mayor importancia son los LEO y los GEO. Pese a ello existen redes de satélites HEO y MEO, pero su despliegue y aplicación no alcanza a la de sus rivales.

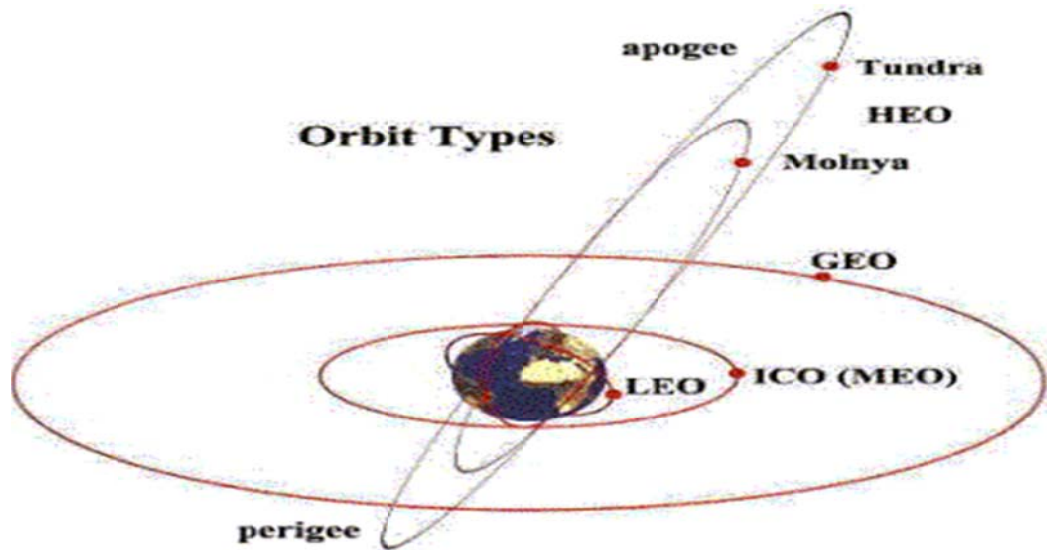


Figura 2 Orbitas Satelitales

| ÓRBITAS | ALTURA(km) | Nº satélites | RETARDO(ms) | PERIODO DE VISIÓN (horas) |
|-----------------------|------------|--------------|-------------|---------------------------|
| LOW EARTH ORBIT (LEO) | 650-2000 | 40-70 | 8-35 | 0.15 |

| | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------|---------|-----|
| MEDIUM EARTH ORBIT (MEO) | 10000 | 6-20 | 70-100 | 1-2 |
| HIGH ELLIPTICAL ORBIT (HEO) | 25000-45000 | --- | 180-330 | 4-8 |
| GEOSTACIONARY EARTH ORBIT(GEO) | 36000 | 3-6 | 250 | 24 |

Tabla 3. Comparativa de orbitas satelitales

GEO

GEO, es la abreviatura de Órbita Terrestre Geosíncrona. Los satélites GEO orbitan a 35848 kilómetros sobre el ecuador terrestre. A esta altitud, el periodo de rotación del satélite es de 24 horas y por lo tanto parece estar siempre sobre el mismo lugar de la superficie del planeta. Permiten una gran cobertura, pudiendo ser está por un haz global (que cubre un tercio de la superficie terrestre), un haz puntual o restringido ($1^\circ \gg 800\text{Km}^2$) o con haces perfilados para coberturas intermedias para países, archipiélagos, etc. Estos sistemas permiten dar servicio difusión, en zonas muy amplias, por ejemplo distribución de TV en un continente. La mayoría de los satélites actuales son GEO, así como futuros sistemas Spaceway, de Hughes, y Cyberstar, de Loral. Los sistemas GEO precisan menos satélites para cubrir la totalidad de la superficie terrestre sin embargo adolecen de un retraso (latencia) de 0.24 ó 0.25 segundos, debido a la distancia que debe recorrer

la señal desde la tierra al satélite y del satélite a la tierra. Ello produce el consiguiente aumento de la atenuación en la señal (200dB, necesitando estaciones que radien mucha potencia). Otro de los inconvenientes de los satélites geoestacionarios es que tienen dificultad a la hora de cubrir zonas de elevada latitud. Así mismo, los GEO necesitan obtener unas posiciones orbitales específicas alrededor del ecuador para mantenerse lo suficientemente alejados unos de otros (unos 1600 kilómetros o dos grados). Actualmente dicha órbita se encuentra bastante saturada.

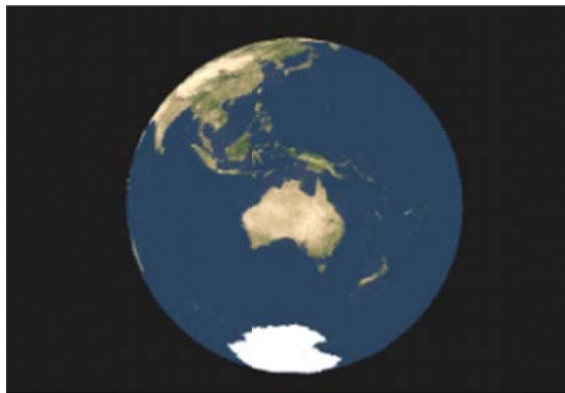


Figura 3. Visión de un satélite GEO.

Según la aplicación, el impacto del retardo puede ser relevante (En telefonía, datos interactivos, videoconferencia) o no serlo (TV), mientras que el bajo nivel de la señal impone el uso de terminales fijos, receptores de TV o VSATs, con antenas más o menos grandes que apunten al satélite. Las características de la órbita GEO, determinan y condiciona muchos de los elementos asociados a estos sistemas. Debido a la saturación de la

posición orbital que ocupan, se producen un gran número de interferencias mutuas, necesitando gran planificación de las posiciones. Los sistemas GEO necesitan de más ancho de banda para soportar las aplicaciones, pero proporcionan anchos de banda muy elevados, en las modalidades de broadcast, multicast y punto-punto. Estos enlaces usan la banda Ku 14/11 GHz parte de la banda C 6/4 GHz. Debido a que las comunicaciones cubren grandes áreas de cobertura la eficiencia del sistema debe ser lo mayor posible.

En estos sistemas, emplean herramientas de reutilización de frecuencias, aislando haces que comparten frecuencias y utilizando polarizaciones opuestas. Es necesario el uso de modulaciones eficaces, como QAM y QPSK, que aumenten la tasa de datos y la protejan de posibles errores y corrupciones, así como tratamiento de señal en el satélite posibilitando aplicaciones que requieren de mayor QoS. Sin embargo la distancia a la tierra obliga a mayores potencias, en términos de EIRP, cuestión compleja para los satélites, debido a las limitaciones de potencia que estos tienen.

HEO

Es el sistema satelital menos frecuente. Posee una órbita elíptica de gran excentricidad, con un apogeo de 42.000 Km. y un perigeo de 500 Km. Las órbitas están inclinadas 63.4 grados para proveer servicios de comunicaciones a lugares en con latitudes nórdicas. El periodo orbital varía entre las 8 y las 24 horas. Un ejemplo de estos sistemas es el sistema ruso

Molnya, que emplea 3 satélites en tres órbitas de periodo orbital de 12 horas, separadas 120 grados alrededor de la Tierra. El apogeo se encuentra a una distancia de 39.354 Km. y el perigeo a 1000 Km. Recomendados para cubrir una zona del perigeo, aunque el retraso y el efecto Doppler son muy marcados.

MEO

Los satélites de órbita terrestre media, MEO, describen órbitas circulares con una altitud en el rango de 5.000 a 12.000km. El período orbital es de 6 horas, con un diámetro de cobertura de 10.000 a 15.000 Km. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie no es fija. Al estar a una altitud menor, el tiempo máximo de visibilidad del satélite es de pocas horas y es necesario un número mayor de satélites para obtener cobertura global. Sin embargo la latencia se reduce substancialmente, con valores entre 70-100 ms (donde el retardo de propagación medio es de 50ms). En la actualidad no existen muchos satélites MEO (INMARSAT 21, ICO (Odyssey), Orbcomm, Ellipso). Un sistema global con este tipo de órbitas se necesita un modesto número de satélites en 2 o 3 planos orbitales. Estos satélites se operan de forma similar a los LEO, con la diferencia de que la transferencia de información de un satélite a otro es menos frecuente y el retardo de propagación y las pérdidas de libre espacio son mayores.

Los satélites MEO son generalmente usados en aplicaciones de voz fija y móvil, aplicaciones móviles diversas y de posicionamiento. En

posicionamiento, es usado en sistemas como GPS, GLONASS y GALILEO. Los sistemas, como GPS (Global Positioning System) y GLONASS usan constelaciones de 24 satélites en órbitas de aproximadamente 20000 Km. El proyecto europeo Galileo (2008) usará 27 satélites a 23600 Km. de altura. GPS que es un sistema de triangularización de una base espacial usando satélites y computadoras para medir posiciones en cualquier lugar de la Tierra. Los satélites operan en seis planos orbitales (55 grados al Ecuador) con cuatro satélites por plano, con un periodo orbital de doce horas (dos órbitas al día). Usando la distancia del punto que intentamos situar respecto al satélite, se calcula la posición en tres dimensiones (latitud, longitud y altitud) mediante triangulación.

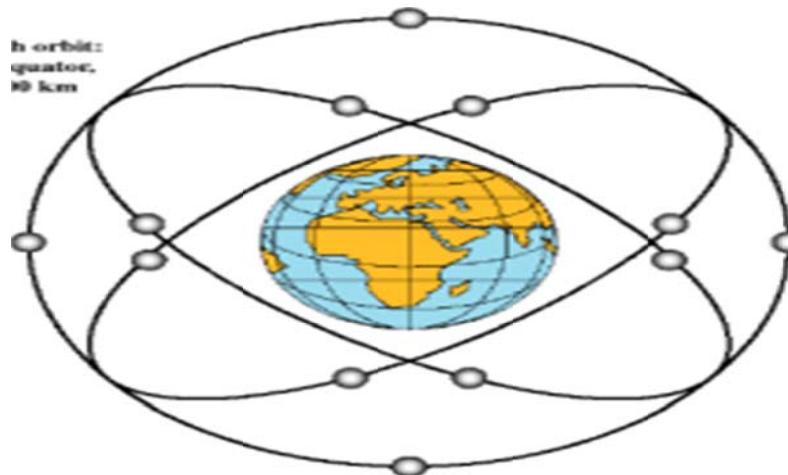


Figura 4. Posicionamiento de un sistema satelital MEO.

LEO

Las órbitas asociadas a los sistemas LEO son elípticas o circulares, y a una altura por debajo de los 5035 kilómetros, la mayoría de ellos se encuentran

mucho más abajo, entre los 600 y los 1600 kilómetros, no superando los 2000 km. El periodo de orbital varía entre los 90 minutos y las 2 horas. Con una cobertura de 3000-8000 Km. sobre la superficie terrestre, por lo que el tiempo máximo durante el cual un satélite en una órbita LEO está sobre el horizonte local de un observador en la tierra es de 20 minutos. Hay largos periodos de tiempo en los que el satélite está fuera de la vista de una determinada estación terrestre. Para conseguir un sistema con cobertura global usando órbitas LEO, necesitamos un gran número de satélites en múltiples planos orbitales. Las órbitas terrestres de baja altura prometen un ancho de banda extraordinario y una latencia reducida (unas pocas centésimas de segundo), ya que retardo de propagación es de unos 20 ms.

La evolución de los satélites geoestacionarios a satélites de órbita terrestre baja (LEO) ha dado lugar a numerosos sistemas de satélites globales, los cuales pueden ser agrupados en 3 tipos: Los LEO pequeños, destinados a aplicaciones de bajo ancho de banda (de decenas a centenares de Kbps), como los buscapersonas, como OrbComm. Usan frecuencias del orden de 1 GHz, con un ancho de banda de 5 MHz y una limitadísima velocidad binaria de 10 Kbps. Los grandes LEO, que pueden manejar buscapersonas, servicios de telefonía móvil y algo de transmisión de datos (de cientos a miles de Kbps) Los LEO grandes, por ejemplo, proveen servicio telefónico móvil de banda ancha a un precio alto.

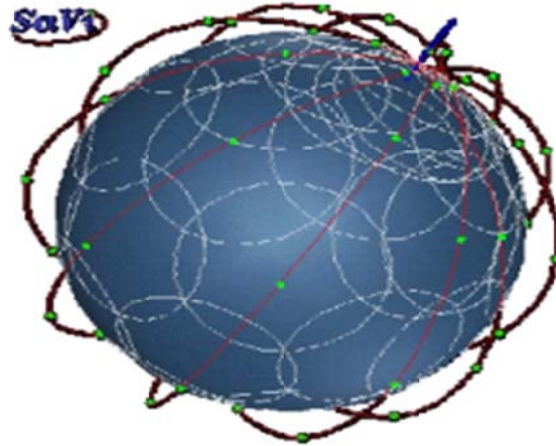


Figura 5. Constelación LEO Iridium.

Estos sistemas reducen el tamaño de los terminales y el retardo de propagación, proporcionando una cobertura global. Los LEO de banda ancha (también denominados mega LEO) operan en la franja de los Mbps y entre ellos se encuentran Teledesic, Celestri y SkyBridge. Proveen principalmente conexiones fijas de banda ancha a tarifas comparables con un servicio urbano de comunicaciones por cable. Estos tienen en común con los LEO grandes, el uso de satélites de órbita terrestre baja. Los LEO's de alta capacidad o grandes, usan frecuencias del orden de 1 GHz, soportando velocidades de varios Mbps y ofreciendo los mismos servicios que los LEO's de baja capacidad y además servicios de voz y posicionamiento.

| Tipo de sistema | LEO pequeño | LEO grande | LEO de banda ancha |
|-----------------|-------------|--------------|------------------------------|
| Ejemplo | Orbcomm | VITA Iridium | Globalstar, ICO Teledesic |

| | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------|--------------|
| Complemento terrestre | Mensajería personal | Celular | Fibra óptica |
| Frecuencia | <1 GHz | 1 - 3 GHz | 20/30 GHz |

Tabla 4. Clases de sistemas LEO.

En los años 1980 y 1990 se propusieron varios sistemas basados en constelaciones de satélites LEO, capaces de dar servicio de voz y datos a bajas velocidades a terminales móviles (Aplicaciones MSS). Estos sistemas se denominan GMPCS (Global Mobile Personal Communications by Satellite). Estas redes son muy convenientes en aplicaciones de voz al reducirse el retardo de propagación, y permiten usar terminales con una antena pequeña y sin necesidad de apuntarla al satélite. Pero ante ello aunque sí es necesario tener línea de visión directa con él (no funcionan dentro de edificios). Los enlaces con los terminales funcionan en las bandas L (1,6 GHz) o S (2,4 GHz), con las estaciones terrestres en las bandas C o Ka, y entre satélites en la banda Ka. Cada satélite LEO cubre un área de entre 3000 y 5000 Km. de radio y se mueve a unos 7 km/s. Cuando un terminal fijo en la superficie de la Tierra pierde de vista al satélite que le atiende, la comunicación debe traspasarse a otro. En la actualidad las redes móviles terrestres, se han impuesto en el mercado, recluyendo a las comunicaciones móviles satelitales a aplicaciones marginales, de forma las pocas redes LEO que han llegado a entrar en funcionamiento tienen pocos usuarios.

Los sistemas LEO, pese a ser sistemas de mayor capacidad y velocidad, plantean una serie de inconvenientes que han producido que este tipo de redes satelitales no alcanzase su máximo potencial como son la Saturación de las órbitas, la pérdida y necesidad de sustitución de satélites, una vez acabada su vida operativa.

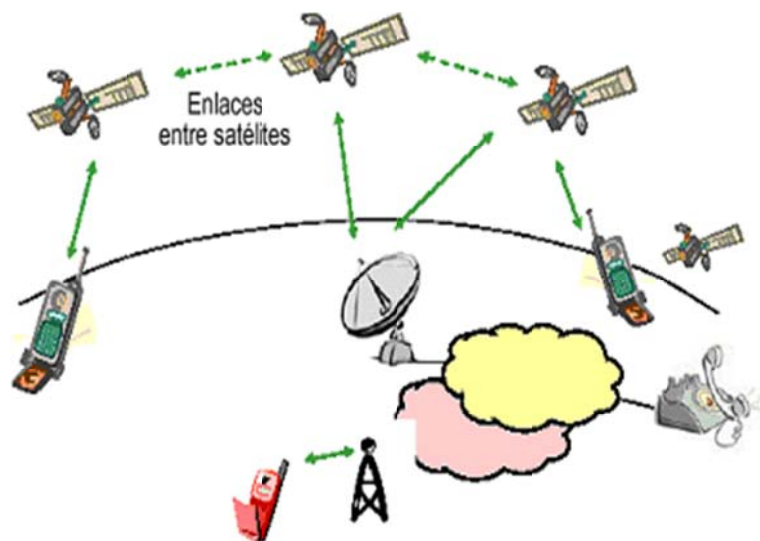


Figura 6. Satélites LEO con aplicaciones MSS.

Presentan visibilidad limitada a 18-20 minutos antes de que desaparecer en el horizonte, complicando en gran medida el posicionamiento de la antena, el trabajo para mantener activo el enlace y el direccionamiento mediante enlaces inter - satélite, entre dos puntos de la superficie terrestre. Una posibilidad es la de realizarlo a través de estaciones terrenas, pero eso nos lleva a perder la ventaja de la latencia reducida.

La elección de la órbita influye sobre la densidad de satélites y por consiguiente en el lanzamiento y los procesos de posicionamiento de cada

satélite de la constelación. Hay cuatro tipos principales de órbitas: la órbita geoestacionaria (GEO), la órbita elíptica alta (HEO: Highly Elliptical Orbit), la órbita cercana a la Tierra (LEO: Low-Earth Orbit) y la órbita circular intermedia (ICO: Intermediate Circular Orbit o MEO: Medium-Earth Orbit). Los principales aspectos de cada tipo de órbita, sus ventajas y sus inconvenientes son resumidos para proporcionar elementos de comparación significativos.

Orbitas Elegidas

Además de las características técnicas, la elección del tipo de órbita puede resultar en primer lugar de consideraciones económicas, intentando utilizar los sistemas de satélite que ya están empleados. Así, para proporcionar un servicio de telecomunicaciones móviles, INMARSAT sigue empleando sus satélites geoestacionarios. Pero para lograr su propósito de un sistema telefónico portátil mundial que permita a una persona hablar con el otro lado del mundo con un pequeño portátil manual, serán necesarios nuevos satélites, más pequeños y de órbita más cercana a la Tierra. En efecto, la gran distancia entre los satélites geoestacionarios y la Tierra necesitaría una potencia y antenas mayores en los satélites para establecer la comunicación con un terminal móvil tan pequeño. Además, todavía existe el problema del retraso de la señal que no permite una comunicación en tiempo real de buena calidad. Luego, para conseguir la cobertura, la capacidad y las características requeridas para servicios de telefonía móvil

vía satélite, INMARSAT estudió una serie de propuestas, e incluso examinó las órbitas no geoestacionarias:

Opción 1: Conservar las órbitas geoestacionarias existentes estableciendo un sistema perfeccionado (de satélites geoestacionarios) similar en la configuración orbital pero más potente y con mayores antenas que las de los satélites existentes de INMARSAT.

Opción 2: Una combinación de satélites de órbita geoestacionaria y de órbita cercana a la Tierra (LEO).

Opción 3: Un sistema bastante más complicado de órbita geoestacionaria y circular intermedia (MEO).

Finalmente, el proyecto INMARSAT-P que posteriormente se llamará ICO se está desarrollando con un sistema de satélites MEO. Sin embargo, el concepto de sistema telefónico portátil mundial atrae la atención de muchos, utilizando directamente las órbitas MEO o LEO. Así nacieron varios proyectos como Odyssey y Ellipso para las órbitas MEO o como Globalstar, Constellation, Iridium y Teledesic para las órbitas LEO. Todos tienen también la ambición de ser operativos hacia el 2000. Los sistemas más viables han sido bautizados como Big LEOs: Odyssey, ICO, Globalstar, Iridium y Teledesic.

Esos sistemas tienen en común:

- La utilización de satélites no geoestacionarios mucho menos potentes que los gigantes geoestacionarios que ahora son los pilares de todos los sistemas de comunicación.
- Ser sistemas globales.
- Proporcionar servicios en tiempo real tales como voz y datos. Pero varias de sus características técnicas son diferentes. Eso es lo que veremos exponiéndolas de manera simplificada para cada sistema.

Las principales razones para utilizar satélites de comunicaciones se pueden resumir en:

- La posibilidad de cubrir grandes áreas geográficas.
- La facilidad de establecer comunicaciones punto-multipunto.
- Independencia total respecto a la distancia.
- Existencia de estaciones fijas y móviles con posibilidades de transmitir desde o hacia puntos en el aire, mar y tierra.

2.1.2 Estándares de comunicación satelital

2.1.2.1 Introducción a la tecnología Vía Satélite

Las comunicaciones vía satélite, son tras las comunicaciones clásicas de telefonía y TV, el medio de difusión de la información y los servicios telecomunicaciones.

Las comunicaciones satelitales, soportan tanto comunicaciones fijas, como móviles, aunque estas en un entorno más restringido .La tendencia actual

de las redes satélite es evolucionar hacia la prestación de servicios de acceso multimedia de banda ancha, en particular acceso a Internet, con terminales fijos o, como mucho, portátiles, y usando una nueva generación de satélites con funciones avanzadas y mayor capacidad que los actuales. Los satélites se usan también para comunicar usuarios corporativos, más conocido como VSAT (Very Small Aperture Terminal), terminales con tamaños típicos de antenas entre 1 y 2 m que permiten comunicación bidireccional a través del satélite. Los más pequeños, con antenas menores de 0,5 m, se llaman USAT (Ultra Small Aperture Terminal). Con la reducción de coste de los terminales, los servicios de comunicación bidireccional a través de satélite tienden a extenderse hacia empresas pequeñas y usuarios residenciales.

Los satélites han resultado un elemento fundamental en el desarrollo de las comunicaciones y las tecnologías de la información como soporte universal para el intercambio y la difusión de la misma. El éxito de las comunicaciones vía satélite en muy diferentes ámbitos (militar, empresarial, ocio, hogar, etc.) viene asociado a sus especiales características.

Sin embargo el satélite no es un sistema, o red independiente. Cada vez más son las aplicaciones terrestres que se basan o usan el satélite para su despliegue total. Los sistemas móviles de tercera generación (3G) contemplan esta posibilidad, pudiendo usar las redes de acceso celulares terrestres y redes satelitales, de forma que un terminal pueda comunicarse a través de un satélite cuando no tiene cobertura de una estación base

terrestre. Este sistema, conocido como MSS (Mobile Satellite Service). Son muchos los servicios de acceso a Internet basados en el satélite, sobre todo en entornos donde la tecnología de acceso más convencional (HFC, ADSL o RDSI) no puede llegar. De esta manera el satélite se convierte en el interfaz final de la red IP de Internet.

Estas características asociadas a los enlaces externos a la tierra, han permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones, así como la comunicación global, al romper las barreras físicas, geográficas y espaciales impuestas por la superficie terrestre.

El satélite al estar situado en una órbita exterior a la tierra, posee unas características de difusión y repetición que le dotan de elevada capacidad para proveer servicios de acceso.

Estas características asociadas son, un coste independiente de la distancia de transmisión, capacidad de establecer enlaces multipunto, ancho de banda considerable, amplia cobertura geográfica, no le afectan las barreras naturales y geográficas, servicio disponible en zonas rurales o poco pobladas, facilidad para establecer nuevos mercados y facilidad de establecer nuevos servicios y aplicaciones.

Durante muchas décadas, este tipo de sistemas de comunicaciones fue fundamental para el desarrollo de los servicios básicos, existentes. Gracias a la capacidad de interconexión, y a la cobertura global, tradicionalmente los satélites de comunicaciones se han utilizado para establecer enlaces

troncales capaces de transportar y soportar múltiples aplicaciones diferentes como, circuitos telefónicos conmutados, circuitos alquilados o canales de televisión punto a punto y de radiodifusión. Actualmente los servicios y la capacidad asociada a los enlaces vía satélite están cambiando rápidamente. Esto ha sido posible gracias los avances tecnológicos desarrollados en los últimos 20 años, a través de la integración de circuitos de alta frecuencia en los equipos espaciales, y al uso de nuevas bandas de frecuencias en el rango de decenas de GHz (Banda Ku y Ka), permitiendo reducir el tamaño y el coste de los terminales.

El desarrollo tecnológico de los satélites, hecho posible el acceso directo de los usuarios al satélite. Desde hace 40 años se emplean satélites para distribuir y difusión de programas de TV a los usuarios residenciales. Este servicio se desarrolló inicialmente como un servicio de broadcast, sin posibilidad de canal de retorno o comunicación con la fuente de los contenidos. Así la introducción paulatina de un canal de retorno terrestre por módem telefónico o por RDSI, posibilitó prestar además servicios interactivos a través de los enlaces vía satélite. En los sistemas de TV digital por satélite, parte de la capacidad puede utilizarse para acceso a Internet sustituyendo flujos de vídeo por flujos de paquetes IP, de forma similar a la combinación de servicios de TV e Internet sobre redes de cable (ver la sección correspondiente). En la actualidad, los operadores y proveedores de servicios vía satélite, implantan sistemas unidireccionales con canales de retorno terrestres y bidireccionales, con comunicación

íntegramente por el enlace satelital. Este permite una comunicación más manera más eficiente, dinámica, y con mayor capacidad. Pero como contrapunto, está el hecho de que los servicios bidireccionales son mucho más caros y complejos tecnológicamente, al disponer el usuario de equipos transmisores capaces de comunicarse con el satélite.

Existen numerosos operadores y proveedores de servicio satélite. Según Global VSAT Forum, existen más de 500000 terminales VSAT instalados en más de 160 países, aunque el mayor número se concentra en EE.UU. (65%) y Europa (15%). La mayoría de los sistemas actuales se basan en satélites GEO en banda Ka, como pone de manifiesto la tabla. Casi todos los proyectos incluyen haces de cobertura reducida para reutilizar frecuencias y conmutación a bordo ATM y, en algunos casos, de paquetes. La tabla indica las velocidades máximas en sentido ascendente y descendente ofrecidas a los usuarios. La capacidad total de estos satélites puede alcanzar varios Gbps.

2.1.2.2 Estandarización y normalización de la tecnología Vía Satélite

El consorcio DVB (Digital Video Broadcasting Project) creado en 1993, y define los estándares para TV digital y servicios de datos que definen las comunicaciones vía satélite. Se recogieron los diferentes intereses del mercado y desarrolló un sistema completo basado en un método unificado y normalizado.

Los países de Latinoamérica tienen una oportunidad única de sumarse al desarrollo mundial de la Televisión Digital adoptando la norma DVB, que es la única que ofrece servicios para toda la población que van mucho más allá de la televisión. El DVB posibilita una amplia gama de nuevos servicios y mayor variedad de contenidos que contribuirán a reducir la brecha digital. La interactividad de la norma ampliará las posibilidades de brindar soluciones a amplios sectores de la población de tele-educación, gobierno electrónico, acceso a Internet, entre otras aplicaciones, promoviendo la inclusión social y democratizando el acceso a las comunicaciones de la población menos favorecida.

2.1.2.3 DVB: El estándar más usado en el mundo

DVB ya ha sido adoptado en 56 países y la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha informado que este número se ampliará próximamente a 110 países ya que será el estándar seleccionado por los países de África, Oriente Medio y la República Islámica de Irán. Esto lo convierte en la mejor opción para los países latinoamericanos por ser el único estándar que ha probado sus cualidades en la práctica.

Por su alto grado de adopción a nivel mundial, el DVB ofrece economías de escala que ninguno de los otros estándares pueden alcanzar: cuenta con más de 150 millones de receptores vendidos, lo que implica una base

mundial instalada que ya es diez veces mayor que la de otros estándares. El nivel de producción masiva es lo que asegura los menores costos para los usuarios. DVB es el único estándar que puede demostrar en la práctica la posibilidad de adquirir actualmente en Latinoamérica decodificadores DVB a menos de US\$ 50.

Los otros estándares internacionales de televisión digital disponibles son el estadounidense, ATSC (adoptado en Estados Unidos, Canadá, México y Corea del Sur), y el japonés, ISDB (adoptado en Japón y, recientemente, en Brasil).

Un estándar abierto

A diferencia de los otros estándares existentes, DVB es un estándar abierto y no está controlado por ningún país. Está coordinado por el DVB Project, un consorcio compuesto por más de 250 organizaciones (radiodifusoras, fabricantes, operadores de redes, desarrolladores de software, instituciones científicas, entidades normativas, etc.) de 35 países del mundo, todas ellas comprometidas en el diseño de normas mundiales para la transmisión de TV digital y servicios de datos, a las cuales podrán sumarse las de los países de Latinoamérica que adopten el estándar. Este consorcio se constituyó en 1993 para unificar el avance hacia la estandarización global y la interoperabilidad. Aunque se inició en Europa, el DVB Project se convirtió rápidamente en una organización mundial.

Una prueba del éxito de elegir estándares abiertos es la adopción del GSM en la telefonía celular. Desde que se cambió a esta tecnología se generó un crecimiento explosivo que triplicó la cantidad de usuarios móviles en sólo dos años. Justamente el DVB a través de su norma DVB-H permite brindar Televisión Digital Móvil en forma sinérgica con el GSM que no se podría lograr con el estándar norteamericano, ya que no fue pensado para este modelo. Cabe destacar que el estándar japonés cuenta con movilidad pero sólo en un canal y orientado a medios de transporte (aún no han resuelto el consumo de baterías). Actualmente existen en Latinoamérica más teléfonos celulares que televisores, elegir una norma de Televisión Digital que no permita brindar TV Digital Móvil implica limitar *a priori* las posibilidades de la población e incrementar los costos que deberían abonar por los equipos.

El estándar más versátil

Las normas DVB abarcan todos los aspectos de la TV digital, desde la transmisión hasta la estructuración de interfaces, el acceso condicional y la interactividad para datos, audio y vídeo digitales. Centenares de fabricantes por todo el mundo ofrecen equipos que cumplen las especificaciones DVB.

DVB acompaña todas las modalidades de Televisión Digital: terrestre (conocida como televisión abierta) a través de la norma DVB-T, satelital con la DVB-S, por cable con la DVB-C y móvil con la DVB-H.

La norma DVB-H, por su interacción con GSM, se está convirtiendo rápidamente en la tecnología que lidera la TV móvil digital. El decidido apoyo prestado a esta norma abierta común por operadores de redes, cadenas difusoras, propietarios de contenidos y fabricantes de equipos está acelerando el lanzamiento comercial de servicios DVB-H de TV móvil en todo el mundo. Extensas pruebas y emisiones piloto en los cinco continentes ya han confirmado las posibilidades técnicas y las ventajas económicas de la DVB-H sobre otros sistemas que hasta el momento no han mostrado resultados en la práctica, y han puesto de manifiesto el gran interés de la población en contar con estos novedosos servicios.

El estándar que produce más desarrollo

Dada la posibilidad que permite DVB de brindar múltiples señales de televisión en un mismo ancho de banda, se podrá intensificar la industria de generación de contenido local, que implica la apertura de nuevas fuentes de trabajo y mayores posibilidades de exportación para los países que lo adopten.

Latinoamérica se encuentra ante una oportunidad concreta para asegurar, a través del estándar global DVB, que sus instituciones académicas y científicas se sumen al escenario internacional de desarrollo de las más modernas aplicaciones e insertarse productivamente a la actual cadena de

valor de la industria local, tornándose más competitiva dentro del escenario internacional.

El estándar más barato y democrático

DVB es la única norma que asegura una mayor inclusión social y los menores costos de equipamiento para la población y los radiodifusores. A diferencia de las otras normas, permite todos los modelos de negocios y no sólo la alta definición orientada a los segmentos de altos ingresos.

DVB usa compresión de audio (MPEG Layer 2) y de vídeo (MPEG-2) y permite transmitir entre 6 y 8 veces más canales de TV que los sistemas analógicos sobre el mismo ancho de banda.

El consorcio DVB tiene una parte comercial que analiza la situación del mercado y los requisitos de los usuarios, en función de los cuales la parte técnica desarrolla especificaciones técnicas. Estas especificaciones propuestas se envían al Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) para su aprobación como estándares.

Fuera de Europa, DVB compete con otros estándares como el ATSC norteamericano para TV digital.

| Tema | Ref. ETSI | Título |
|--------------------|-------------|---|
| General | TR 101 200 | A guideline for the use of DVB specifications and standards |
| Transmisión | | |
| DVB-S | EN 300 421 | Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services |
| | TR 101 198 | Implementation of Binary Phase Shift Keying (BPSK) modulation in DVB satellite transmission systems |
| DVB-SMATV | EN 300 473 | DVB Satellite Master Antenna Television (SMATV) distribution systems |
| | TS 101 194 | Control Channel for SMATV/MATV distribution systems. Baseline Specification |
| Canales de retorno | | |
| Común | ETS 300 802 | Network-independent protocols for DVB interactive services |
| | TR 101 194 | Guidelines for implementation and usage of the specification of network independent protocols for DVB interactive services |
| DVB-RCP | ETS 300 801 | Interaction channel through Public Switched Telecommunications Network (PSTN)/ Integrated Services Digital Networks (ISDN) |
| DVB-RCS | EN 301 790 | Interaction for Satellite Distribution Systems |
| DVB-RCCS | TR 101 201 | Interaction channel for Satellite Master Antenna TV (SMATV) distribution systems; Guidelines for versions based on satellite and coaxial sections |
| | TR 101 790 | Guidelines for the Implementation and Usage of the DVB Interaction Channel for Satellite Distribution Systems |

Tabla 5 Estándares DVB.

El estándar DVB encapsula la información en células MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), lo que permite aplicarlo tanto a servicios de TV como a servicios multimedia interactivos. Las células MPEG-2 (“Transport Stream Cells”) son bloques de tamaño fijo, 4 octetos de cabecera y 184 octetos de información, que pueden transmitirse sobre redes satélite (DVB-S), de cable (DVB-C) o de TV digital terrestre (DVB-T). Para los servicios interactivos, DVB ha definido varios estándares sobre canales de retorno por diferentes tipos de red, incluyendo redes satélite (DVB-RCS) , a través de sistemas de antena colectiva (DVB-RCCS), red telefónica o RDSI (DVB-RCP), redes de cable

(DVB-RCC, definido en colaboración con DAVIC), redes LMDS (DVB-RCL), GSM (DVB-RCG) y DECT (DVB-RCD).

DVB-MHP (Multimedia Home Platform) define un interfaz genérico entre las aplicaciones interactivas y los terminales donde se ejecutan: “set-top boxes, STB”, PCs multimedia, etc. Además de los citados, el proyecto DVB ha generado estándares sobre procedimientos de medida, interfaces con otras redes (PDH, SDH, ATM,...), procedimientos de acceso condicional (SimulCrypt, MultiCrypt) y otros. Muchas organizaciones han prestado su ayuda poniendo en sus manos resultados de trabajos individuales (MPEG, DAVIC), o bien a través de una cooperación activa transformando las especificaciones de DVB en normas e informes (ETSI, CELENEC, UIT). Pero la tarea de DVB aún no ha acabado y sigue trabajando igual que al principio innovando servicios y técnicas de difusión digital de televisión.

Hoy en día, con la tecnología DVB, no sólo disponemos de una mejor calidad de vídeo y de una mayor oferta de canales, sino que tenemos la posibilidad de acceder a servicios multimedia y avanzados. Los éxitos que DVB ha logrado son muy notables y han traspasado las fronteras europeas, con lo que podemos encontrarlos operativos en los cinco continentes, tal como muestra la siguiente figura.

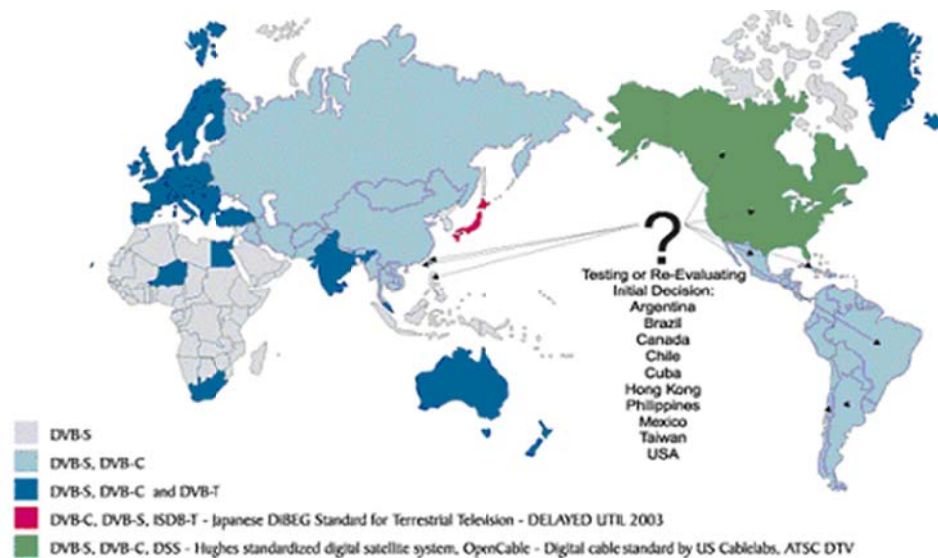


Figura 7. Estándares DVB en el mundo.

2.1.3 Estándar DVB-S

El sistema europeo DVB-S es un conjunto de normas pensadas, en principio, para regular la transmisión de televisión digital. Es por eso que, inicialmente, a través de los sistemas DVB-S se ofrecieron servicios de difusión de canales de televisión digital, pero posteriormente, y como consecuencia de la evolución de los requerimientos del usuario, se contempló la posibilidad de soportar servicios multimedia y de acceso a Internet dentro del mismo sistema.

Es entonces que, en la actualidad las especificaciones DVB pueden utilizarse no sólo para la televisión propiamente dicha, sino también para la

radiodifusión de una amplia gama de datos, vídeo, sonido, etc., acompañados de información auxiliar.

Además, la necesidad de poner en marcha servicios interactivos a través de canales bidireccionales de comunicaciones por satélite, ha dado lugar a la creación del estándar del sistema de canal de retorno DVB-RCS el cual será abordado posteriormente.

Vale la pena señalar que la tecnología DVB para satélite ha tenido una aceptación importante durante los últimos años, motivada no solo por la posibilidad de multiplexar diferentes servicios dentro de una misma portadora DVB-S, sino también por la fuerte reducción de precios de las estaciones remotas VSAT con receptores de este formato.

El sistema DVB-S es directamente compatible con la codificación de señales de televisión MPEG-2. La trama de transmisión del módem DVB-S está sincronizada con los paquetes del múltiplex de transporte MPEG-2, el cual, como su nombre lo indica, es el medio de transporte utilizado por la norma para enviar datos en la red interactiva.

La figura 8 muestra el diagrama de bloques del sistema de transmisión especificado por el estándar DVB-S y cuya señal de entrada es el flujo de transporte MPEG-2 TS (*Transport Stream* – Flujo de transporte).

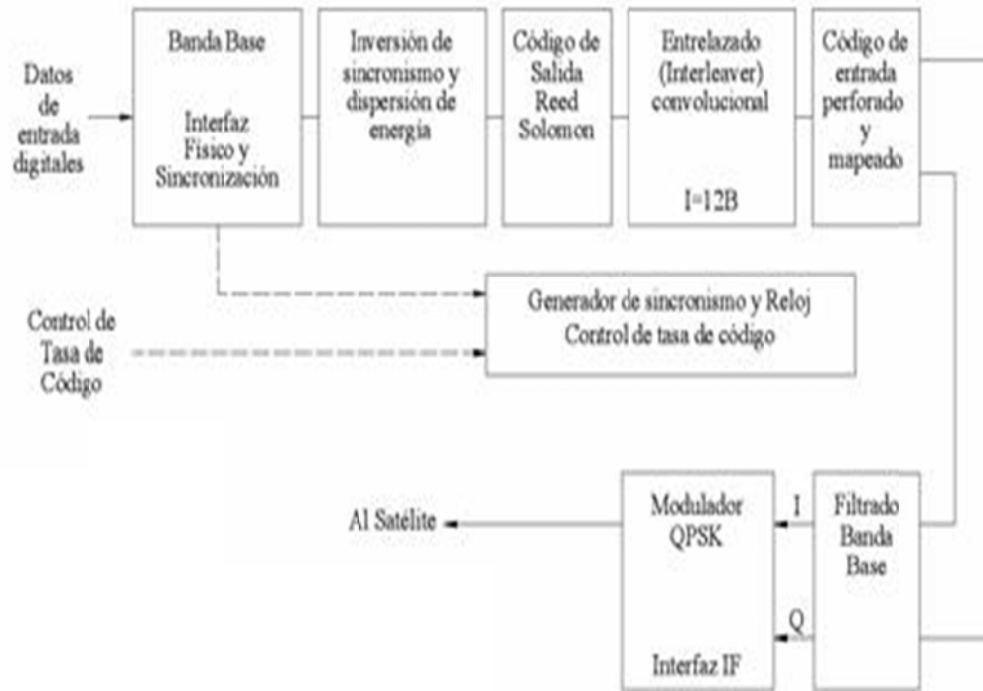


Figura 8. Diagrama de bloques funcional del Sistema de Transmisión DVB-S.

El esquema tradicional de acceso interactivo adoptado por las redes VSAT DVB-S cuenta con un lento canal de retorno provisto por un operador terrestre generalmente distinto al proveedor satelital, tal como lo muestra la figura 8.

Este tipo de esquema ha hecho que las redes VSAT sean dependientes de la infraestructura.

La norma DVB-S entonces, provee las especificaciones para el canal de ida de la red VSAT *full-dúplex*, el cual básicamente consiste de un flujo de transmisión MPEG-2 en el cual es multiplexada toda la información que cursa la red.

Los estándares DVB-S proveen los recursos necesarios para la entrega de flujos MPEG-2 TS a través de una variedad de medios lógicos de transmisión. Es decir los métodos para transportar datos dentro del TS para construir redes de comunicación **VSAT sobre la tecnología DVB-S**.

Entiéndase como transporte de datos a las descargas de *software* desde un satélite, a la entrega de los servicios de Internet sobre canales de difusión (*IP tunnelling*), a la televisión interactiva, etc.

El método de transporte de datos recomendado para Internet es el de las secciones MPE (*Multiprotocol Encapsulation* – Encapsulación multiprotocolo), el cual basa su mecanismo en una segmentación y re-ensamblado de datagramas IP, y un enrutamiento de datos basado en la dirección MAC (*Media Access Control* – Control de Acceso al Medio) de los terminales satelitales o RCST (*Return Channel Satellite Terminal* - Terminal RCS), lo que permite tratar la red satelital como una red LAN (*Local Area Network* – Red de Área Local).

Mecanismo de Transporte MPE

El método de encapsulamiento MPE incluye un mecanismo de transporte para una gran variedad de servicios de comunicación de datos. Esta técnica se basa en las secciones DSM-CC (*Digital Storage Media – Command and Control* – Medio de almacenamiento digital – Comando y control) y está

orientada a proveer un servicio de emulación de LAN para el intercambio de datos.

Esta técnica es la recomendada para la transmisión de datos de Internet y además las funciones de segmentación y re-ensamblado son automáticas.

Debido a la naturaleza de difusión de las redes DVB, la seguridad de los datos es de mucha importancia para el sistema, por lo que esta técnica de encapsulación, además de las ventajas anteriormente señaladas, permite una transmisión segura de datos a través de la encriptación de los paquetes y del cambio dinámico de direcciones MAC.

El método de encapsulación MPE consiste básicamente en una técnica mediante la cual se toman los datagramas provenientes de la capa Internet (datagramas IP), se los fragmenta en Secciones MPE y posteriormente se las encapsula dentro de los paquetes de transporte MPEG-2 TS.

Los datagramas entonces se transportan en “Secciones de Datagramas MPE”, las cuales están sujetas al formato de sección DSM-CC para “Datos Privados”, con ciertas variantes propias del encapsulado MPE.

El formato que se adopta para la sección MPE resulta eficiente para organizar los datagramas en los paquetes de flujo de transporte MPEG2, y además para soportar un “filtrado de datagramas” basado en la dirección

MAC usando demultiplexores existentes en el equipo receptor, ya sean éstos en *hardware* o en *software*.

2.1.4 Estándar DVB-RCS

Las redes satelitales basadas en la tecnología DVB-S han tenido un éxito considerable, tal y como se explicó anteriormente.

El servicio vía satélite, ha sufrido múltiples variaciones y transformaciones desde que está operativo. Desde las aplicaciones iniciales de radiocomunicación, comunicación telefónica conmutada y difusión unidireccional de TV, muchas cosas han cambiado.

La introducción de un canal de retorno terrestre ha permitido prestar además servicios interactivos y multimedia, que requieren de doble sentido de comunicación, rompiendo el panorama de satélite, sinónimo de difusión. Además, en la actualidad los servicios IP sobre las redes vía satélite son una realidad operativa lo que ha permitido el desarrollo de la aplicaciones multimedia e Internet.

Esto es posible gracias al estándar DVB-RCS, que ha posibilitado la existencia de un camino de retorno físico por el enlace satelital.

En principio, un canal de retorno terrestre sobre la RTC de baja velocidad no representaba un mayor problema para cierto tipo de servicios

interactivos, donde la asimetría de comunicación entre lo que el usuario envía y lo que recibe es considerable (por ejemplo la navegación Web).

Sin embargo el canal de retorno terrestre no permite al operador satelital tener control sobre la calidad de servicio o QoS (Quality of Service) de dicho canal, ya que generalmente éste se encuentra bajo la administración de otro operador de red y además su utilización puede no ser la óptima, ya que la asignación de recursos es habitualmente exclusiva mientras dure la conexión.

Sumado a estos inconvenientes, un canal de retorno terrestre limita la ubicuidad de servicio dentro de la zona de cobertura de los sistemas satelitales, es decir, para prestar servicio en una determinada localidad no solamente se requiere que ésta se encuentre dentro del área de cobertura del satélite, sino que además exista una infraestructura de comunicación terrestre habilitada.

Este problema es de especial relevancia tomando en cuenta que es precisamente el mercado que se encuentra en zonas donde no existe una infraestructura terrestre, aquel de mayor importancia para las comunicaciones.

Un enlace de retorno satelital puede habilitar el acceso múltiple (por ejemplo MF-TDMA) de tal forma que la ocupación de los recursos puede optimizarse en función de la demanda de transmisión de los clientes.

Una comunicación bidireccional por satélite especialmente para los servicios permite resolver los inconvenientes generados fundamentalmente de difusión que requieren poca o ninguna interacción por parte del usuario (por ejemplo difusión digital de televisión y radio).

Las necesidades del usuario, generadas principalmente por el desarrollo de Internet, motivaron a que estos servicios unidireccionales requieran un nivel de interactividad y un primer enfoque para conseguirlo fue la utilización de canales de retorno terrestre sobre la RTC (Red Telefónica Conmutada) o la RDSI (Red de Servicios) por la dependencia a una infraestructura de comunicación terrestre y además mantiene las ventajas inherentes en este tipo de comunicaciones.

Las comunicaciones bidireccionales por satélite a través de las pequeñas estaciones VSAT han sido una realidad desde hace varios años pero no han estado enfocadas al mercado del usuario común y constituyen soluciones propietarias costosas con los consiguientes problemas de compatibilidad y dependencia hacia un único proveedor de servicios.

Es entonces, que de la necesidad de una comunicación bidireccional por satélite asequible al usuario común, surge a principios del año 2000 el estándar de la ETSI EN 301 790 v1.4.1 para el canal de retorno satelital DVB-RCS el cual es una norma que permite la construcción de sistemas multimedia completamente interactivos por satélite con la gran ventaja de que ésta se basa en la tecnología DVB cuya aceptación respecto al canal de difusión DVB-S ha sido amplia.

La norma DVB-RCS tiene claramente una orientación a cubrir diferentes tipos de mercado, que van desde los usuarios domésticos, profesionales, hasta los corporativos de allí que las estaciones interactivas cuentan con diferente configuración y capacidades de acuerdo al escenario de su utilización.

De esta forma el estándar DVB-RCS no solo busca eliminar la dependencia a las redes terrestres sino también incrementar las velocidades de transmisión de las estaciones remotas y así ampliar el rango de servicios interactivos que se ofrecen mediante estos sistemas bidireccionales.

Cabe indicar que el estándar DVB-RCS presenta la especificación para la provisión del canal de retorno para redes satelitales interactivas a través de Satélites Geoestacionarios (GEO) con Terminales Satelitales del Canal de Retorno fijos o RCST, pudiéndose aplicar dicha especificación a todas las bandas de frecuencia asignadas a los servicios satelitales GEO

El sistema europeo DVB-RCS (Digital Video Broadcast-Return Channel by Satellite), es un estándar abierto definido en mayo de 2000, para permitir las aplicaciones interactivas y bidireccionales a través de las redes y sistemas satelitales. De esta manera la transmisión y recepción de los datos se realiza a través de enlaces vía satélite, y sin necesidad de un canal de retorno terrestre.

El estándar DVB-RCS ofrece una solución normalizada para integrar el canal de retorno en la red satélite

El estándar DVB-RCS, generalmente se basa en sistemas con topología de estrella, donde existe un hub central, el satélite, y múltiples terminales receptores y transmisores en la superficie terrestre.

El sistema opera por norma general en transpondedores con anchos de banda de 26, 32 y 72 MHz, donde un transpondedor de 33 MHz puede alcanzar velocidades de hasta 760 Mbps.

El estándar puede operar en las bandas C, Ku y Ka, aunque predomina la banda Ka y Ku. Algunos rangos típicos de frecuencias son para el uplink, 14-14.5 GHz o 13.75-14.25 GHz o 29.5-30 GHz, y para el downlink, 10.95-12.75 GHz.

Además para los sistemas DVB-RCS en la banda Ka, es posible operar en la banda Ku, en el enlace descendente, debido a la existencia de multitud

de equipos operando en la actualidad en los sistemas clásicos de difusión de TV y datos. El estándar DVB-RCS, dado su carácter bidireccional, define los dos canales de comunicaciones, el canal directo (Forward Channel) que es prácticamente igual que el del estándar DVB-S, y el canal de retorno (Return Channel), que es el que permite al sistema la capacidad de red interactiva.

En el estándar DVB-RCS, la estrategia de acceso MCPC, se implementa de dos maneras, con un acceso TDM para el canal directo, y con un acceso MF-TDMA (Multi Frequency-Time División Multiple Access) para el canal de retorno.

Éste, es un elemento compartido por los terminales que están cubiertos por la huella de un satélite. Así los terminales comparten la capacidad del canal de retorno de uno o más transpondedores del satélite.

Transmiten su información en ráfagas bajo una disciplina de acceso denominada MF-TDMA. De esta forma existen un conjunto de frecuencias portadoras en el canal de retorno, donde cada una de las cuales se divide en time slots que pueden ser asignados a los terminales, posibilitando la existencia de una comunicación simultanea de varias estaciones con el satélite. Además como el canal de retorno puede emplearse en muchos propósitos y aplicaciones, permite seleccionar algunos parámetros del enlace con el fin de permitir la mejor adaptación a las mismas.

Algunas características de este son:

- Modulación: Código Gray-QPSK, ya que su combinación permite gran robustez ante errores y solventar los déficits de velocidad debido a las limitaciones de potencia, con una elevada eficiencia espectral.
- Acceso MF-TDMA.
- Elección de codificación entre Reed-Solomon y Vitervi, o Codificación Turbo (FEC, Forward Error Correction).
- Elección entre dos formatos de trama a nivel físico: Transporte de tramas de datos MPEG2, con 182 Bytes de datos y 6 de cabecera, o ATM con formatos de celda de 48 Bytes de datos y 6 de cabecera.
- En función del tipo de capa física, se puede seleccionar el nivel de enlace MAC entre: MAC modo MPEG2, con los campos de trama definidos por DVB-RCS, o MAC modo ATM, con la opción de elegir entre los campos de señalización de DVB-RCS o los de las conexiones propias ATM.
- Incorporación de elementos de seguridad. Existen cuatro niveles de seguridad aplicados a comunicaciones DVB-RCS, DVB scrambling común en el enlace directo, en redes satelitales interactivas usan scrambling en el canal directo y de retorno, procedimientos de seguridad IP (IP-Sec) y mecanismos de seguridad a nivel de aplicación.
- Los terminales pueden adaptarse a diferentes características del enlace para la comunicación. Así cambiando la frecuencia, la tasa de transmisión, longitud de la ráfaga de datos, etc. todo ello de

transmisión a transmisión. Además la asignación de los slots no es fija sino asignada en función de la demanda de transmisión y peso de la misma.

DVB-RCS permite multiplexar a nivel de enlace varios flujos de vídeo MPEG, llegando a tasas de 35 Mbps según la modulación usada (QPSK, QAM, etc.). Debido al formato digital actual los flujos de video pueden ser sustituidos por paquetes IP según la mezcla de servicios de TV y de Internet que se desee. Para el canal de retorno existen diferentes soluciones propietarias.

2.2. Topologías de redes Satelitales: Arquitectura de Red

La arquitectura de las redes de acceso por satélite puede ser definida en función del tipo de canal de retorno desde los usuarios hacia la red, de manera que en función de dicho enlace predomina un estándar de transmisión y recepción. Así de esta forma podemos definir tres tipos de arquitectura de red básica:

2.2.1 Redes Unidireccionales.

Son redes sin canal de retorno. Sólo permiten servicios de difusión, por ejemplo distribución de TV. Son los esquemas y arquitecturas clásicas empleadas durante los años 80 y principios de los 90 cuando únicamente se tenía acceso a contenidos sin interacción con el proveedor.

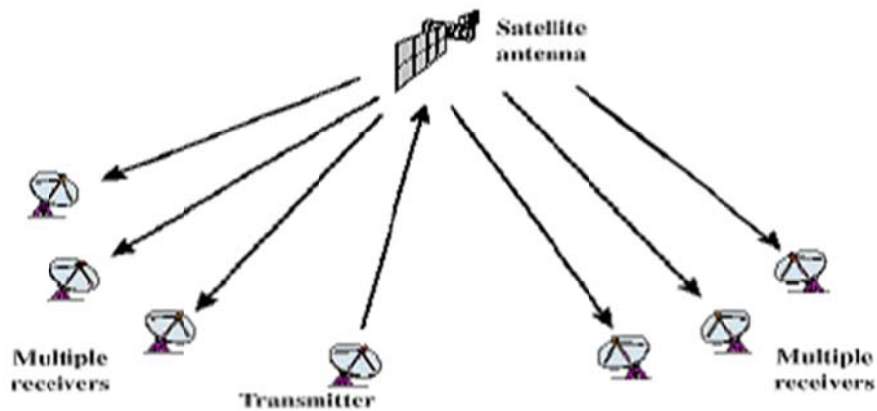


Figura 9. Configuraciones de redes unidireccionales.

2.2.2 Redes Híbridas

Son redes con canal de retorno, permitiendo la interacción con la cabecera y el servidor del servicio, pero con un canal de retorno a través de otra red diferente a la satelital, tradicionalmente red telefónica conmutada RTB o RDSI. Se basan en el estándar de transmisión DVB-S, solo en el segmento de transmisión por el enlace satelital, sin retorno por el mismo. Este tipo de redes permiten prestar servicios interactivos asimétricos, por ejemplo navegación por la Web en Internet o redes VSAT de capacidad limitada y terminal sin capacidad de transmisión. Existen diversas formas de coordinar el canal de ida por satélite con el de retorno por la otra red, de forma que la información que el usuario pide por el canal de retorno sea encaminada por el satélite, no planteándose ninguna problemática a la hora del intercambio

de información. Los sistemas híbridos tienen como ventaja que los terminales son más baratos y pueden ser instalados por el propio usuario.



Figura 10. Arquitectura de Red satélite Híbrida.

2.2.3 Sistemas Bidireccionales

Son redes completas, ya que es posible la comunicación en ambos sentidos a través del satélite.

Normalmente la capacidad disponible en el sentido de bajada es mayor que en el de subida, lo que los presenta como arquitecturas de red simétricas.

Generalmente son empleados crear redes privadas virtuales VPN's para empresas con muchas sucursales, en particular si están situadas en áreas rurales y de difícil acceso.

Los terminales satélite bidireccionales son más caros y usan antenas mayores que deben ser instaladas por personal especializado, pero tienen la ventaja de que no dependen de otra red para el canal de retorno. Típicamente los sistemas bidireccionales han estado más orientados al mercado de empresarial y de negocios, pero actualmente extendido hasta el mercado residencial, al bajar los costes y aumentar el empeño de los operadores por su implantación. Algunas empresas ofrecen ya sistemas bidireccionales para usuarios residenciales que utilizan la misma antena para TV y para acceso a Internet. De esta manera la solución bidireccional vía satélite ha entrado en competencia con redes de acceso terrestres de ADSL, redes de cable y LMDS.

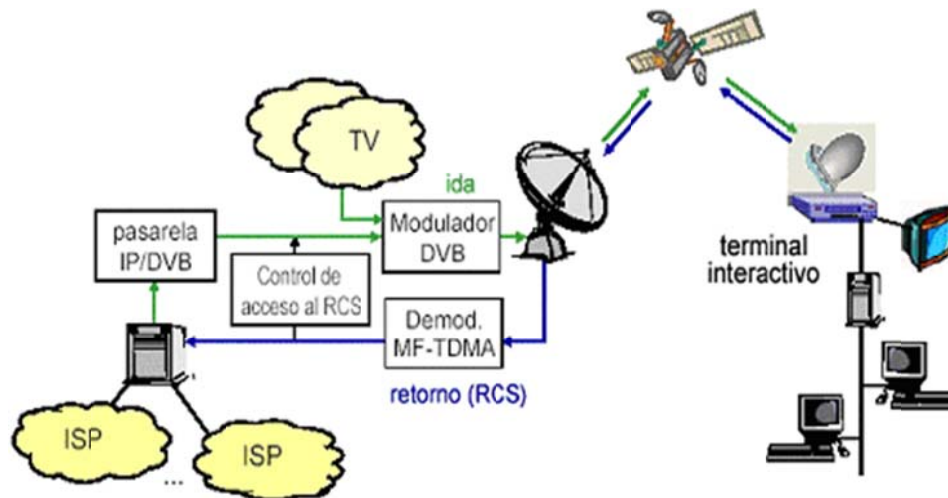


Figura 11. Arquitectura red bidireccional con sistema DVB-RCS.

En la transmisión a través de estas redes, los paquetes IP pueden ser encapsulados sobre diferentes protocolos de nivel de enlace, para su transmisión posterior en el enlace satélite.

El usuario dispone de un router IP y de un terminal satélite interactivo, que se comunica a través del satélite con una estación central a la que se conectan los proveedores de acceso a Internet y otros servicios. La estación central recibe el tráfico IP de los proveedores y lo envía a los terminales encapsulados sobre DVB como ya se ha mencionado.

El canal de retorno DVC-RCS usa MF-TDMA. La estación central coordina el acceso de los terminales que solicitan transmitir por el canal de retorno. Por lo que respecta a los protocolos de transporte por encima de IP, es necesario tener en cuenta que los enlaces satélites se caracterizan por un retardo alto, lo que puede afectar a las prestaciones de las aplicaciones que utilizan TCP. Sobre el enlace satélite se pueden usar mecanismos específicos para mejorar las prestaciones de TCP.

2.2.4 Elementos de la red Vía Satélite

Podemos estructurar el sistema satelital como una estación repetidora (satélite) situada en el espacio, al que se conectan estaciones terrestres mediante enlaces de microondas. Los sistemas satelitales, pueden poseer diferentes configuraciones satelitales, tipos de satélites, alturas, usos, coberturas, orbitas, etc.

Pero sin embargo todos comparten una serie de características comunes. Estas características son la existencia de dos segmentos diferenciados como son el segmento terrestre y el segmento espacial. Cada uno de ellos está formado por los siguientes elementos:

Segmento espacial:

- Satélite

Segmento terrestre:

- Estaciones terrenas (diferentes según servicio)

Segmento espacial

La parte que se refiere a las comunicaciones en el espacio abierto, es el módulo de comunicaciones que se encarga principalmente de los equipos y funciones necesarios en el satélite para poder establecer las comunicaciones con las estaciones en tierra.

Módulo de comunicaciones

La función principal del sistema de comunicaciones, es la de recibir, amplificar y adecuar la frecuencia de la señal, transmitiendo las señales que llegan o salen del satélite. Podemos distinguir tres partes diferenciadas dentro del módulo de comunicaciones, las antenas, los transpondedores y los amplificadores de potencia. Las antenas reciben y emiten a través del enlace ascendente (uplink), y o del enlace descendente (downlink) las señales provenientes de la tierra o dirigidas a ella, en una banda de frecuencia y polarización. En la señal recibida y transmitida, se debe garantizar la mayor calidad posible y con la menor interferencia posible amplificando las portadoras recibidas, proporcionando potencia suficiente a las portadoras con el menor ruido y distorsión posible y cambiar de la frecuencia del up-link a la del downlink y viceversa. Los canales o

transpondedores conforman una división en sub-bandas de las frecuencias a las que trabaja el satélite, como canales con una amplificación independiente y controlada. Este, puede ser regenerativo o transparente según se procese o no la señal en banda base

Antenas

Las antenas son la pasarela de entrada y salida de la información. Son empleadas muchos los tipos de antenas, en función de las necesidades de cobertura, señales involucradas, frecuencias y aplicaciones. Los principales tipos de antenas a bordo son: Monopolos y dipolos en bandas VHF y UHF (en desuso), Bocinas para haces anchos (cobertura global) y como alimentadores de antenas de reflector, Antenas reflectoras más empleadas para haces zonales, spot, múltiples y conformados (shaped beams), Lentes dieléctrica en guía metálica y en línea de transmisión acabadas en elemento radiante ("bootlace"), Arrays de elementos impresos, guías o bocinas, radiando directamente o como alimentadores de reflectores y Antenas activas, consistentes en elementos impresos alimentados directamente por unidades amplificadoras de salida integradas.

Las características de las antenas, varían en función de su aplicación, pero son fundamentales que se respeten algunos parámetros básicos, que evite problemas asociados a interferencias de otros haces, intermodulaciones, zonas de sombra, derivas del haz, errores de apuntamiento, etc. Las antenas se deben adaptar a diferentes configuraciones de red, difusión y

recepción de los canales de frecuencia. Así podemos tener antenas para redes de un único haz o redes multi - haz.

Las redes de un único haz, se caracterizan porque todas las estaciones que comparten el uso del satélite están en la misma zona de cobertura, determinada por el haz de radiación de la antena del satélite. El satélite dispone de C canales pero el número de usuarios potenciales es mucho mayor, siendo necesario que estos accedan a los transpondedores según un criterio de asignación de frecuencias y polarizaciones de los mismos. Cada transpondedor es compartido mediante el uso de alguna de las técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA o CDMA. El tráfico de los clientes estaciones puede encaminarse según dos principios, una portadora por estación (uso de N portadoras) y una portadora por enlace (uso de $N(N-1)$ portadoras).

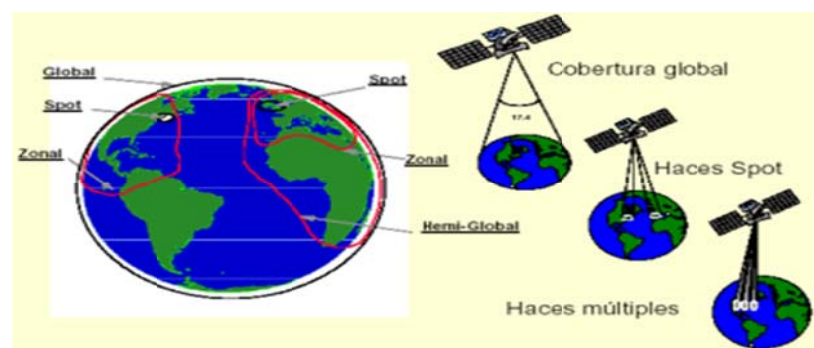


Figura 12. Esquema monohaz o multihaz.

En las redes multihaz, el satélite divide su zona de cobertura en diferentes sub-regiones con antenas más directivas (de mayor ganancia). Cada haz

tiene asignado un transpondedor o conjunto de transpondedores que puede ser diferente. La limitación del número de haces viene dada por la complejidad y peso de la antena que es necesaria. Estas antenas tienen la ventaja de que la ganancia de la antena a bordo del satélite, es mayor al tener un haz más estrecho. En el balance del enlace esto puede suponer una ventaja de hasta 20dB, que repercuten directamente en el dimensionamiento de la estación terrena, requiriendo una EIRP menor (enlace ascendente) y una G/T menor (enlace descendente). Además una misma frecuencia puede ser utilizada por varios haces a la vez en la misma polarización, posibilitando la reutilización de frecuencia y por lo tanto la optimización del sistema.



Figura 13. Reutilización de frecuencias de una antena multihaz.

Sin embargo pese a posibilitar una capacidad mayor en el sistema, aparece la interferencia entre haces. En el enlace ascendente se produce interferencia al recibir un haz del satélite (por sus lóbulos secundarios) señales de otras zonas, produciendo interferencia co-canal (CCI) (si hay reutilización de frecuencias), interferencia del canal adyacente (ACI).

Transpondedores

El transpondedor es el elemento encargado de amplificar cada canal de comunicaciones de manera independiente y aislada, del resto de canales y frecuencias a las que opera el satélite. Podemos clasificar estos en dos tipos: los regenerativo y transparentes. Los primeros procesan la señal en banda base, requiriendo un proceso de demodulación y modulación. Sin embargo ello permite la separación y adición de los contenidos en baja frecuencia, posibilitando pues el desacoplo de las entrada y salidas. Los segundos carecen de ningún procesado dela señal, solo la amplifican la señal y la retransmiten.

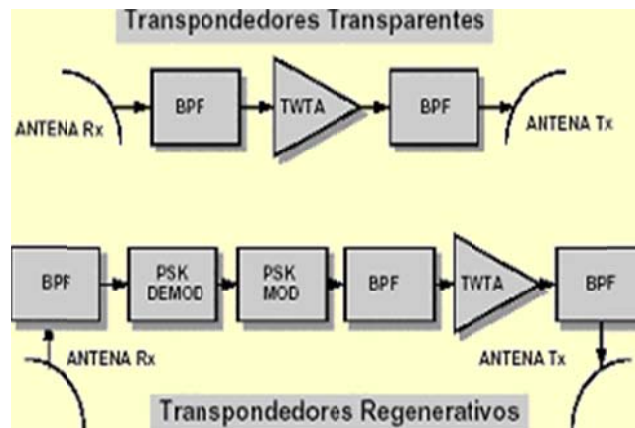


Figura14. Tipos de transpondedores.

La canalización de los canales es en unidades desde 36 a 120 MHz, permitiendo reducir la intermodulación entre portadoras y compartir la potencia total disponible entre los “canales”. Se emplea redundancia de equipos como protección frente a fallos para aumentar la fiabilidad del conjunto, y evitar posibles fallos que no puedan después solventarse. El

funcionamiento de los amplificadores en zonas no lineales hace que sea crítica la capacidad de aislamiento que doten los filtros a las bandas, para evitar que se cuelen espurios no deseados.

Amplificadores de Potencia

Se encargan de inyectar potencia a las portadoras provenientes del enlace ascendente, de manera que garanticen los parámetros de calidad (G/T , C/N y C/I) para la transmisión. Para ahorrar energía, cuestión crítica en los satélites, los amplificadores de potencia, trabajan en zona no lineal. Esto produce problemas de intermodulación los cuales deben ser muy controlados para evitar la interferencia. Podemos diferenciar entre los amplificadores SSPA (Solid State Power Amplifier), y los TWTA (Travelling Wave Tube Amplifiers).

Segmento Terrestre

La estación terrestre, se encarga de captar la señal (propia o procedente de la red). Esta es procesada en banda base y modulada, con objeto de ser transmitida a la red satelital o a la red terrestre. De igual forma las señales espaciales son recibidas, y precisadas mediante el equipo receptor y de amplificación con fin de acondicionar esta para su posterior reenvío. La señal puede combinarse con otras, para formar enlaces multiplexados de mayor capacidad, o ser separada en canales menores (FDM o TDM). Para ello las estaciones poseen equipamiento TDM y FDM que permite operar con los transpondedores del satélite de manera coordinada facilitando la

perfecta comunicación. El alimentador de antena proporciona polarización adecuada y aislamiento con la señal recibida. Se requiere un amplificador de bajo ruido en recepción. Las señales de TT&C son extraídas y utilizadas a fin de controlar el enlace y el satélite en órbita. El segmento terrestre principalmente está formado por dos elementos básicos, la estación terrestre, la cual se puede diferenciar entre diferentes tipos:

Estaciones de capacidad alta: Formada por antenas grande de 30 m de altas prestaciones, con capacidad de interconexión exterior de los contenidos recibidos y transmitidos por el satélite, así como pasarela entre redes y subsistemas terrestres.

Estaciones de capacidad media: Formada por antenas de 2-10 m, y encargadas de gestionar y procesar el tráfico de una empresa o región determinada.

Estaciones de capacidad pequeña (VSAT y USAT): Antenas pequeñas de 0,5 -2 m de diámetro. Son sistemas para un único usuario, dentro de las redes VSAT remotas.

Estaciones terrestres móviles: Son estaciones con antenas de tamaño 1-2 m, con capacidad de movimiento o terminales telefónicos móviles, típicos en sistemas LEO y MEO. Actualmente son terminales interactivos, como los terminales GPS.

Estaciones terrestre fijas: Son terminales fijos sin capacidad de movimiento, basados en antenas de 0,5-2 m a través de los cuales se reciben las señales, principalmente Internet y datos.

Plan de frecuencias

El sistema vía satélite, es un sistema netamente basado en FDM, si bien la tendencia de los últimos años ha sido la utilización de sistemas TDM en rangos de frecuencias fijos a fin de conseguir sistemas más dinámico y con mayor capacidad.

A continuación mostramos una tabla donde se especifican los rangos de frecuencias usados en las diferentes aplicaciones soportadas por los servicios vía satélite.

| Banda | Rango de frecuencias | Ancho de banda | Aplicación general |
|--------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
|--------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|

| | | total (GHz) | |
|----|---------------|----------------|---|
| L | 1 a 2 GHz | 1 | MSS (Mobile Satellite Service), aplicaciones UMTS |
| S | 2 a 4 GHz | 2 | MSS, NASA, búsqueda en el espacio profundo |
| C | 4 a 8 GHz | 4 | FFS (Fixed Satellite Service), operadores de TV y telefonía |
| X | 8 a 12.5 GHz | 4.5 | FFS militar, satélites meteorológicos, y exploración superficie terrestre |
| Ku | 12.5 a 18 GHz | 5.5 | FSS, BSS (Broadcast Satellite Service).Empresas y TV residencial |
| K | 18 a 26.5 GHz | 8.5 | BSS, FSS |
| Ka | 26.5 a 40 GHz | 13.5 | FSS, servicios de banda ancha |

Tabla 6. Plan de Frecuencias Satelitales

Acceso al medio

Como en todos los esquemas de acceso que se basan en acceso inalámbrico, tiene el punto crítico en el método de acceso de los usuarios a los recursos de la red. En una red por satélite las estaciones terrenas comparten la capacidad de comunicación de los transpondedores a bordo del satélite. Los métodos de acceso al medio son mediante uno de los sistemas de acceso FDMA, TDMA, CDMA o bien mediante la combinación de los mismos.

FDMA

La técnica FDMA es la más antigua y sencilla de las empleadas en las comunicaciones por satélite. Sin embargo tiene las problemáticas asociadas de que la eficiencia del sistema disminuye rápidamente al aumentar el número de portadoras, y la necesidad de aislamientos entre portadoras que eviten los efectos no lineales de los amplificadores (espurios e intermodulación) que se cuelen en las bandas adyacentes.

El método FDMA, puede separarse en dos tipos de acceso, el MCPC (Multiple Channel Per Carrier) y SCPC (Single Channel Per Carrier). La técnica MCPC puede asignar una portadora por estación o una portadora por enlace. La técnica SCPC, asigna un canal por portadora, bajo diferentes políticas como son la asignación fija o bajo demanda, y con un control centralizado o distribuido.

MCPC

El sistema MCPC, es un sistema antiguo de baja capacidad que tiene las ventajas, de su elevada calidad, sencillez de implementación y aprovecha la jerarquía multiplex. Sin embargo es un sistema de escasa flexibilidad, la capacidad del sistema es asignada incluso sin tráfico, y no es eficiente si hay estaciones de tráfico muy variable. Este sistemas FDMA se basa en la asignación de una portadora por estación conectada, teniendo una capacidad de N portadoras.

Además el ancho de banda es asignado según tráfico y la demanda que se cursa en el satélite. El acceso al medio puede ser FDM/FDMA o TDM/FDMA. Así los terminales adquieren un canal dentro de la portadora según una disciplina FDM o TDM, estos una vez multiplexados en banda base, se modulan analógicamente o digitalmente y son transmitidos mediante una disciplina FDMA desde y hacia el satélite. El sistema asigna una portadora por enlace, así hay $N \cdot (N-1)$ portadoras en transmisión. El ancho de banda es asignado según tráfico que se demanda.

SCPC

Esta es una variante de FDMA de baja capacidad, a los que se destina un transpondedor específico del satélite. Las estaciones pueden disponer de portadoras SCPC asignadas de manera permanente o acceder a ellas por petición cuando tienen algo que transmitir, lo cual es la base de los sistemas DAMA o de acceso bajo demanda. Las portadoras poseen menor ancho de banda, así como hay un número menor de ellas, que posibles usuarios. Sin

embargo ello provoca que el sistema sea más complejo, al tener que tener un sistema de control de petición centralizada o distribuida que asigne los canales.

TDMA

El acceso TDMA, es generalmente empleado para señales o sistemas digitales satelitales. Se basa en un protocolo de asignación de tiempo de transmisión denominado slot temporal, durante el cual la estación puede transmitir una ráfaga de datos, no pudiéndolo hacer cuando este intervalo asignado ha concluido. Es posible transmitir en una o en varias portadoras. El acceso desde el sistema se puede clasificar en dos tipos, por asignación, siendo fija o bajo demanda, por contienda. El sistema es muy flexible al permitir cambio de la capacidad asignada a cada estación de manera simple. Proporciona mayor eficiencia que FDMA, al poder usarse la capacidad de la portadora completamente por cada usuario del sistema durante un tiempo. No requiere control de potencia de las portadoras, lo cual evita los efectos no lineales. Si T_F es el tiempo de trama, T_B es el tiempo del slot R_b el ancho de banda de la portadora, la capacidad de transmisión (bajo asignación fija) sería:

$$R = R_b \left(\frac{T_F}{T_B} \right)$$

TDMA por Asignación

El sistema TDMA por asignación, se basa en un acceso al medio sin contienda donde cada usuario debe transmitir en un instante determinado, ya sea de forma fija, o asignado dinámicamente el tiempo según se demande el servicio y el sistema no esté en uso.

Para ello es necesaria una estructura de trama que permita el sincronismo perfecto de las estaciones, evitando colisiones por errores al empezar o terminar la transmisión. Así la trama está compuesta por dos tipos de sub tramas, las ráfaga de tráfico (TB o Trafic Burst) que contiene los datos, y la ráfaga de referencia (RB o Reference Burst) que contiene la información de control, recuperación de portadora y sincronismo.

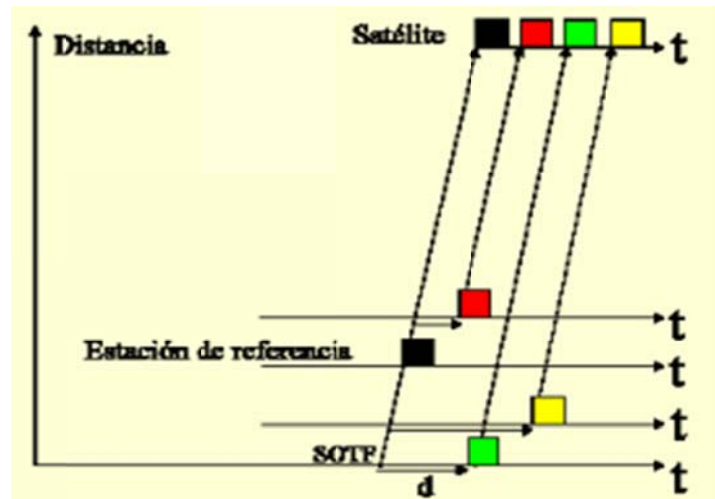


Figura 15. Esquema de sincronismo.

Para garantizar el sincronismo se utiliza el procedimiento SOTF (Start Of Transmit Frame), de manera que una estación transmite con retardo (según el intervalo asignado) respecto del comienzo de trama, siendo transmitido como define el tiempo SOTF.

Este valor SOTF es el instante en el cual la estación debe transmitir en su slot asignado dentro de la trama de referencia del sistema. La asignación de los slot, puede ser fija dentro de la trama, quedando vacío en los intervalos asignados donde no se tenga nada que transmitir, lo cual resulta muy ineficiente. Si la asignación es dinámica o bajo demanda, todos los slot asignados a una trama se irán llenando por los usuarios que tienen datos a transmitir y lo solicitan. Esto aumenta la eficiencia del sistema, pero también su complejidad.

MF-TDMA. Multi-Frecuency TDMA

MF-TDMA es una técnica de asignación que emplea múltiples portadoras, y no solo una. Cada portadora la divide en una serie de slot temporales que se asignan dinámicamente en función de la demanda. La asignación es realizada por la estación central, encargada de mantener el sincronismo general del sistema. Este sistema aumenta altamente la capacidad total, al ser multi-portadora.

Es empleado como método de acceso de los terminales terrestres a los recursos del satélite, como en el estándar DVB-RCS. En el enlace de retorno, el tiempo de transmisión hacia el satélite varía en función de la posición de transmisor, pudiéndose producir diferencias temporales entre los slots vecinos que interrumpen y dañen la transmisión. Así esta diferencia entre los terminales que están en la huella del satélite, se compensa mediante el uso de time slot bastante más grandes, que las ráfagas transmitidas por los terminales, existiendo un tiempo de guarda lo suficientemente grande para prevenir con las ráfagas de los slots vecinos de la trama TDMA.

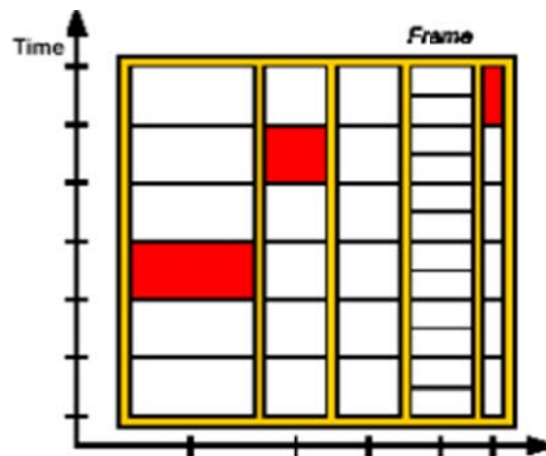


Figura 16. Esquema frecuencial-temporal de MF-TDMA.

En el sistema por contienda, los intervalos de tiempo no están asignados a ninguna estación. Las estaciones transmiten cuando lo necesitan y si hay una colisión cuando estas estaban transmitiendo retransmiten más tarde, mediante algún algoritmo de espera aleatorio. Los algoritmos más empleados son ALOHA (empleado en redes por satélite) y CSMA (empleado en redes de área local).

ALOHA

El protocolo Aloha puro es un protocolo de acceso aleatorio a un medio compartido por. El Aloha puro no impone ningún tipo de restricción temporal al emisor durante transmisión, sin embargo el receptor debe enviar un ACK (acknowledgement) para confirmar la recepción del paquete. En caso de colisiones, al no recibir el ACK, las estaciones deben retransmitir pero comenzando en tiempos aleatorios que puedan evitar otra colisión. Existe otra variante que añade funcionalidades de sincronismo, como es el Aloha ranurado. En este la transmisión de las estaciones esta sincronizado, de tal manera que los paquetes que llegan al satélite en slot de tiempo fijo, definidos por el reloj de la red. Ya no se producen colisiones parciales, sino en todo el tiempo del slot, lo que se reduce el intervalo de colisión [17]. Aloha ranurado aumenta la eficiencia, al introducir una secuencia de petición de servicio en la estructura de trama. Además cada paquete incorpora información adicional del slot reservado para retransmisión en caso de tener una colisión. La eficiencia del sistema es del 50-60 %, frente al 15-30 % del Aloha puro.

CDMA

La técnica CDMA o espectro ensanchado, es una técnica de banda ancha, donde las estaciones pueden transmitir durante cualquier instante de tiempo en un ancho de banda dado. La separación de cada estación se lleva a cabo mediante un código pseudoaleatorio (PN), con el que se cifra la información a la frecuencia portadora, y que solo puede ser decodificado por la estación que posea ese código específico. El código empleado debe poseer una serie de características que le doten de la capacidad de aislar las transmisiones y evitar las escuchas ajenas. La auto correlación de los códigos debe parecerse a la del ruido blanco, y la correlación cruzada entre códigos debe ser nula (códigos ortogonales).

De esta manera las transmisiones son espectralmente planas, aparentemente ruido y evitando que un código ajeno que posea segmentos similares al del emisor pueda recuperar partes de la transmisión. Es un método de acceso simple ya que no necesita sincronismo, proporcionando protección contra interferencias, permite utilizar antenas más pequeñas, es más seguro y facilita la incorporación de nuevos usuarios al sistema.

Sin embargo es poco eficiente, requiere un control de potencias elevado para garantizar el correcto funcionamiento y se necesita sincronizar la secuencia en el receptor, que es un aspecto crítico para garantizar la recepción correcta del mensaje. Existen dos posibilidades Secuencia directa (DS o Direct Sequence) y Salto en frecuencia (FS o Frequency Hopping).

Comparativa

Es muy común el empleo de esquemas de acceso que combinen varios de los métodos de acceso.

Un caso de esto es el acceso FDMA/TDM, basado en la asignación dinámica de un canal con varias portadoras de ancho de banda fijo, de manera que las estaciones acceden a cada portadora mediante una disciplina TDM.

En la figura 17 podemos ver la comparativa del rendimiento de ambos sistemas, pudiendo comprobar que la disciplina TDMA es la mejor de las tres conforme el número de usuarios del sistema crece.

FDMA pierde capacidad cuando el sistema se llena, pero es conveniente para sistemas poco ocupados al contrario que CDMA, pero esta no puede alcanzar alta eficiencia debido a las restricciones de código.

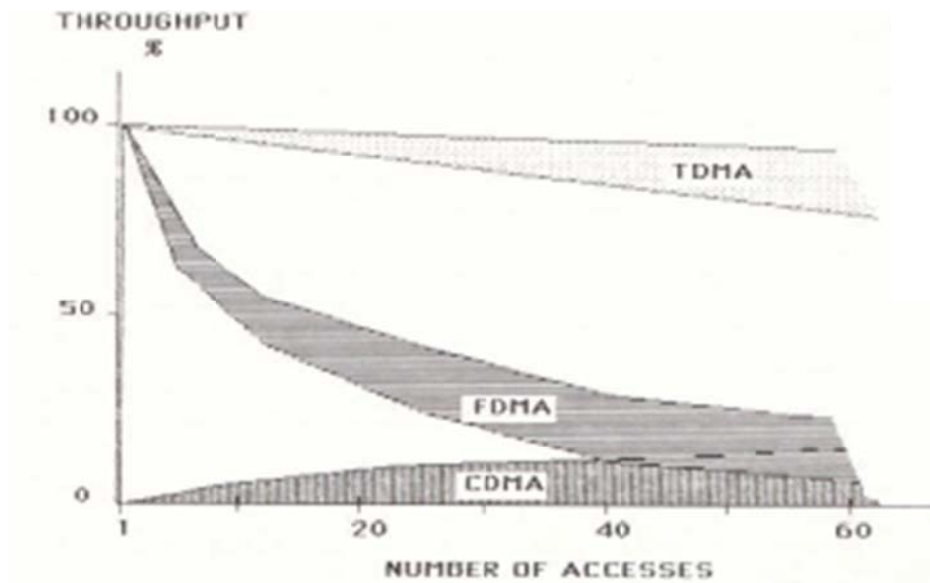


Figura17. Rendimientos de los accesos.

Prestaciones

Las prestaciones de estas redes son muy variadas según el tipo de satélite y de terminal. La capacidad asociada a la red de acceso en satélite durante muchos años ha sido muy limitada. En la actualidad gracias al empujón del estándar DVB-RCS, las redes satelitales y los avances tecnológicos, se puede disponer de velocidades superiores al E1 en entornos urbanos y residenciales.

Los terminales satélite móviles ofrecen velocidades muy pequeñas, similares a las de GSM, 2,4 Kbps, 4,8 ó 9,6 Kbps.

Los terminales portátiles de gran tamaño pueden alcanzar velocidades hasta 64 Kbps. Los terminales VSAT, de mayor tamaño, ofrecen velocidades más altas, hasta unos 2 Mbps.

Los servicios de acceso a Internet por satélite para usuarios residenciales anuncian velocidades en torno a 128 Kbps en sentido ascendente y 512 Kbps en descendente. Pero actualmente están operativos enlaces de hasta 4096 Kbps en el enlace descendente y 1028 en al ascendente, si bien estos se orientan al mercado empresarial. Como ejemplo, la tabla 7 siguiente muestra varios perfiles de acceso a un sistema satélite bidireccional DVB-RCS adecuado para empresas pequeñas y usuarios residenciales e incluso corporativos.

| Perfil de acceso | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Hacia el terminal Kbps (máx.) | 256 | 256 | 256 | 512 | 1024 | 2048 | 4096 | 4096 |
| Hacia el terminal Kbps (mín.) | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 |
| Retorno en Kbps (máx.) | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 | 1024 |
| Retorno en Kbps (mín.) | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 |
| No disponibilidad | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.1% |
| Actividad en hora cargada | 20% | 20% | 20% | 25% | 25% | 25% | 30% | 30% |

Tabla 7. Ejemplo de prestaciones en un sistema DVB-RCS

El porcentaje de no disponibilidad estima el porcentaje de tiempo de cada mes durante el cual las velocidades mínimas anteriores no pueden

cumplirse debido a condiciones meteorológicas adversas, congestión y fallos de la red. Los sistemas que funcionan en las bandas Ku y Ka (como son los de BSS e Internet) están sujetos a atenuación por lluvia.

Además se producen cortes cuando el Sol pasa por el “campo de visión” de las antenas que apuntan al satélite, debido a la energía electromagnética emitida por el Sol en las bandas utilizadas por los satélites. Cada satélite se ve afectado una vez al día por este fenómeno, normalmente durante menos de 8 minutos. Los terminales necesitan tener línea de visión directa con el satélite, por lo que no pueden instalarse en lugares donde esta línea queda bloqueada por edificios u otros obstáculos.

La capacidad y prestaciones de los satélites son muy diversas. Un satélite de comunicaciones típico tiene entre 12 y 24 transpondedores, aunque los satélites de última generación tienen del orden de 28 e incluso más de 30.

Los transpondedores poseen anchos de banda entre 36 y 72 MHz. Los satélites Hispasat 1C y 1D, poseen transpondedores desde 33 a 72 MHz. El Hispasat 1C, tiene 24 transpondedores de 36 MHz y 110 W cada uno Y EL Hispasat 1D posee 28 transpondedores con ancho de banda de 33, 36, 46, 50, 54 y 72 MHz. De 103,5 W cada uno.

Un transpondedor típico puede dar una velocidad equivalente a un enlace T3 (45 Mbps). Con estaciones terrestres grandes se pueden alcanzar velocidades hasta un STM-1 (155 Mbps). El Hispasat 1D bajo un enlace 16-

QAM, usando toda la capacidad de sus 28 transpondedor alcanzaría velocidades superiores a un STM-16 (2,5 Gbps).

Según cálculos generales sobre límites de capacidad en función del número de satélites, altura de las órbitas, potencia transmitida y área de la antena receptora, suponiendo terminales con antenas de 1 m² y potencias 10 W, se podría alcanzar una capacidad teórica máxima en sentido ascendente de unos 120 Gbps por cada satélite geoestacionario, a compartir entre todos los terminales del sistema. Con constelaciones de satélites en órbitas bajas podrían alcanzarse incluso capacidades superiores. No obstante, aunque la capacidad potencial de las redes satélite futuras sea bastante mayor que la de las existentes, es muy limitada si la comparamos con las redes basadas en cable o en fibra óptica. A corto plazo, la tendencia es hacia satélites OBP (Onboard Processing) con multi haces (haces de cobertura estrechos) y conmutación a bordo, por sus importantes ventajas en cuanto a capacidad y flexibilidad, pudiendo elevar las prestaciones globales de los sistemas satelitales.

Sin duda uno de los aspectos a considerar a la hora de las prestaciones de los enlaces vía satélite es protocolo de transporte, que puede limitar las prestaciones que obtiene la aplicación que soporta. Así como el protocolo UDP puede funcionar sin cambios sobre enlaces satélite, por ser no orientado a conexión. Sin embargo, TCP suele necesitar ajustes para un adecuado funcionamiento de sus mecanismos de control de errores y control de congestión, debido a las particulares características de los

enlaces por satélite: elevado producto retardo por ancho de banda, asimetría de capacidad entre los dos sentidos de la comunicación (normalmente mucho mayor en el canal de ida que en el de retorno) y tasa de errores potencialmente alta.

2.2.5 Ventajas y desventajas

Ventajas

- **Flexibilidad:**
 - o Fácil gestión de la red.
 - o Servicio independiente de la distancia.
 - o Cobertura global e inmediata.
 - o Fácil y rápida implantación en lugares de difícil acceso.
 - o Debido a la gran variedad de configuraciones que puede adoptar una red VSAT estas se pueden adaptar a las necesidades propias de cada compañía.
 - o Los enlaces asimétricos se adaptan a los requerimientos de transferencia de datos entre una estación central que transmite mucha información a estaciones lejanas que responden con poca información (si es que responden).
 - o Facilidad de reconfiguración y de ampliación de la red. El uso de un satélite hace que se pueda establecer contacto con cualquier punto dentro de su área de cobertura con lo que los

receptores pueden cambiar de ubicación sin más cambio que la reorientación de su antena. Del mismo modo, la introducción de un nuevo terminal no afecta al funcionamiento de los demás.

- **Gran fiabilidad:**

- Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% del tiempo y con una BER de 10^{-7} .

- **Ventajas económicas:**

- Estabilidad de los costos de operación de la red durante un largo periodo de tiempo. Una empresa puede ser propietaria de prácticamente todos los segmentos de la red. Esto hace que el presupuesto dedicado a comunicaciones se pueda establecer con gran exactitud. El único segmento del que la empresa no puede ser propietario es del segmento espacial pero sus precios son muy estables.
- Evita las restricciones que impone una red pública en cuanto a costes y puntos de acceso.
- Aumento de la productividad de la organización. Al haber un centro de monitorización y control de la red el tiempo medio entre fallos de la red aumenta considerablemente y la duración de los fallos suele ser corta. Por lo tanto la organización puede responder rápidamente a las peticiones de sus clientes gracias

a un medio de comunicación fiable, lo que repercute en un aumento de la satisfacción de los mismos y un aumento de las ventas.

- Se puede implantar una red corporativa insensible a fluctuaciones de las tarifas

Desventajas

- Problemas económicos:

- Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a redes basados en recursos terrestres.

- Problemas radioeléctricos:

- El retardo de propagación típico de 0.5s (doble salto) puede ser problemático para ciertas aplicaciones como telefonía y videoconferencia, pero también existen aplicaciones insensibles a él como la actualización de software, e-mail, transferencia de ficheros
- El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del satélite. Si este cae, toda la red cae con él. De todas maneras el problema no es muy grave pues si el problema está en un transpondedor un simple cambio de frecuencia y/o polarización lo soluciona. En caso de

ser todo el satélite bastaría con reorientar las antenas a otro satélite.

- Como todo sistema basado en satélites es sensible a interferencias provenientes tanto de tierra como del espacio.

CAPITULO 3

3.1.1 Consideraciones Generales

El servicio de Internet vía Satélite es la solución Universal de acceso a Internet en Banda Ancha. Permite el acceso a Internet con una gran calidad de servicio de forma:

- Independiente de la ubicación geográfica del usuario
- Independiente de la disponibilidad de la cobertura telefónica; puesto que el servicio se realiza completamente (satélite bidireccional) a través del satélite.
- Independiente de los planes de negocio de despliegue de otras tecnologías. La
- disponibilidad no está sujeta a la viabilidad económica del despliegue de ADSL en una determinada área.

La mejor forma de llegar a comunidades retiradas donde no se cuenta con infraestructura de conectividad es por medio de enlaces satelitales, también para aquellas redes que requieran una pronta instalación y sobre todo la unificación. Los servicios de acceso a internet, soporta transacciones, mensajería, cambio de archivos (unicast), Streaming multicast, multicast de archivos, VPN (IPSEC), todo esto con el mismo equipo.

La comunicación se realiza a través de ondas electromagnéticas de alta frecuencia que viajan en el espacio libre y llegan hasta un satélite geoestacionario (en la banda ku), razón por la cual, los sistemas de

cómputo pueden estar ubicados en cualquier parte del mundo, e inclusive estar instalados en una camioneta, u otro vehículo, que permita su traslado continuo, antenas auto-orientables (con la ayuda de tablas matemáticas que proporciona el proveedor del servicio, el equipo automáticamente se auto-orienta y se conecta a un satélite).

Es una buena alternativa no sólo para acceder a Internet desde cualquier lugar sin importar su ubicación, sino también para compartir información como en el caso de las escuelas rurales, proyectos de investigación que requieren contar con una conexión permanente para poder enviar o recibir información, o conectarse a un mismo servidor, o sistemas móviles utilizados por dependencias públicas para llevar sus servicios a lugares apartados de las grandes ciudades, conectándose vía satélite a su servidor.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL INTERNET VÍA SATÉLITE

INDEPENDENCIA: La solución de Internet vía Satélite le permitirá disponer de acceso a Internet Banda Ancha, independientemente de cualquier operador.

TECNOLOGÍA DE INTERNET BANDA ANCHA: La solución que propone está basada en una tecnología que permite ofrecer servicios de hasta 2

Mbps en el enlace descendente (desde la red hacia el usuario o de bajada), y hasta 512 Kbps en el enlace ascendente (desde el usuario hacia la red o de subida)

ESCALABILIDAD: El diseño de la solución le permitirá aumentar el ancho de banda desde 512 Kbps hasta 2 megas en el enlace descendente y desde 128 Kbps hasta 512 Kbps en el enlace ascendente de forma casi inmediata y sin necesidad de actuación directa sobre el equipo.

DISPONIBILIDAD: El acceso por satélite tiene un alto nivel de disponibilidad

CALIDAD DE SERVICIO: La solución basada en la red satelital puede garantizar la calidad de servicio extremo a extremo.

EQUIPAMIENTO ESTANDARIZADO: El servicio se soporta sobre una plataforma abierta DVB-RCS, lo que garantiza la compatibilidad de diferentes fabricantes a la vez que permite al usuario el cambio de proveedor, sin necesidad de sustituir el equipo.

DESCRIPCION DEL EQUIPO

- Consta de una antena parabólica que puede ser de 90 a 120 cm de diámetro (con transmisor y receptor integrados).
- Un equipo IDU Indoor unit, que en términos sencillos es como una computadora (pero sin teclado ni mouse) que cuenta con: dos puertos que están conectados a la antena (uno es para el canal de recepción y otro para el de transmisión), un puerto Ethernet 10/100 base T que se conecta a un hub, que permite la conexión de varias computadoras y, un módem especial para enlace satelital.

La conexión de este servicio es principalmente **asimétrica**, es decir que utiliza el mayor ancho de banda para la recepción de datos y menor para el envío, pero también hay del tipo *simétrico* (mismo ancho de banda para transmisión y recepción).

Así mismo, lo caracteriza un **enlace de tipo bidireccional**, es decir, se recibe y envía a través del satélite, a diferencia de algunas compañías que hace algunos años ofrecían una conexión híbrida en donde la información se recibía a través del satélite pero se enviaba por otro medio terrestre, como el teléfono, dando por resultado que se podían recibir archivos pesados pero no se podían enviar.

¿COMO FUNCIONA?

- El satélite retransmite los datos y son recibidos por la antena parabólica, normalmente colocada en el techo de la casa del usuario.
- Posteriormente, los datos pasan a través de un convertidor (módem especial) que los envía por medio de una red Ethernet hacia la computadora. (figura 18)

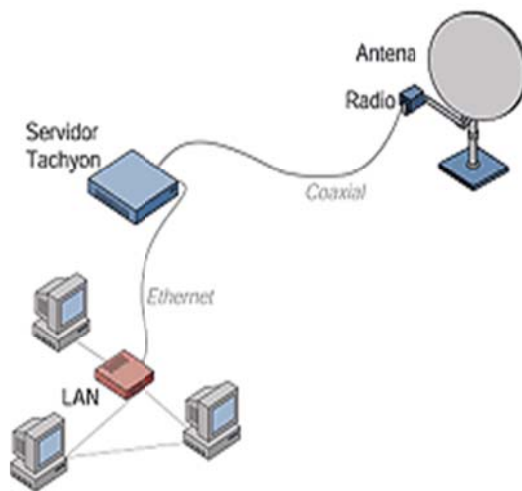


Figura18. Funcionamiento de conexión satelital

Este servicio puede conectarse a cualquier equipo de cómputo de modelo reciente, con buena capacidad en disco duro. A su vez la IDU contiene un puerto RJ45 que se conecta a un HUB o switch de cualquier red, que permite conectar más de una computadora.

El costo dependerá de los requerimientos del usuario, en cuanto a velocidad y servicio.

3.1.2 DIAGRAMAS Y TIPOS DE RED

Existen varios tipos de topología de redes satelitales así como también diferentes tipos de sistemas para implementar las conexiones de Internet vía satélite, las cuales se describen a continuación.

Topologías de Red

Existen varias configuraciones de sistemas, entre ellas se pueden destacar:

- 1) Enlaces SCPC
- 2) Enlaces VSAT topología Estrella
- 3) Enlaces PAMA/DAMA topología Malla

1. Enlaces SCPC

- Son enlaces punto a punto.
- SCPC significa Single Channel per Carrier
- Tienen una frecuencia de Tx y un de Rx fija, establecida por la empresa que presta el servicio.
- Pueden ir de 64Kbps hasta 10Mbps
- Están compuestos por:
 - o Modem Satelital
 - o IDU (InDoor Unit (por ej: SDM100 o 300)
 - o ODU (OutDoor Unit)
 - o Antena parabólica

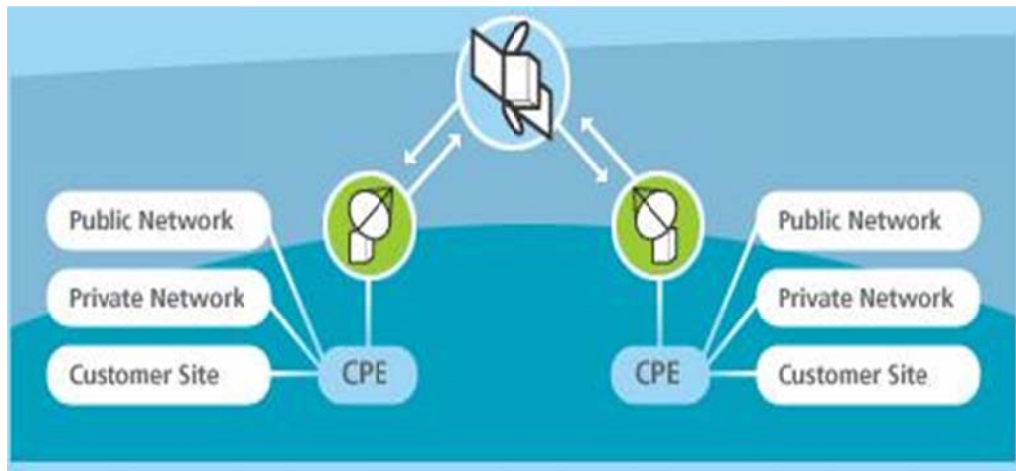


Figura19. Enlaces SCPC

Ejemplo de enlace satelital:

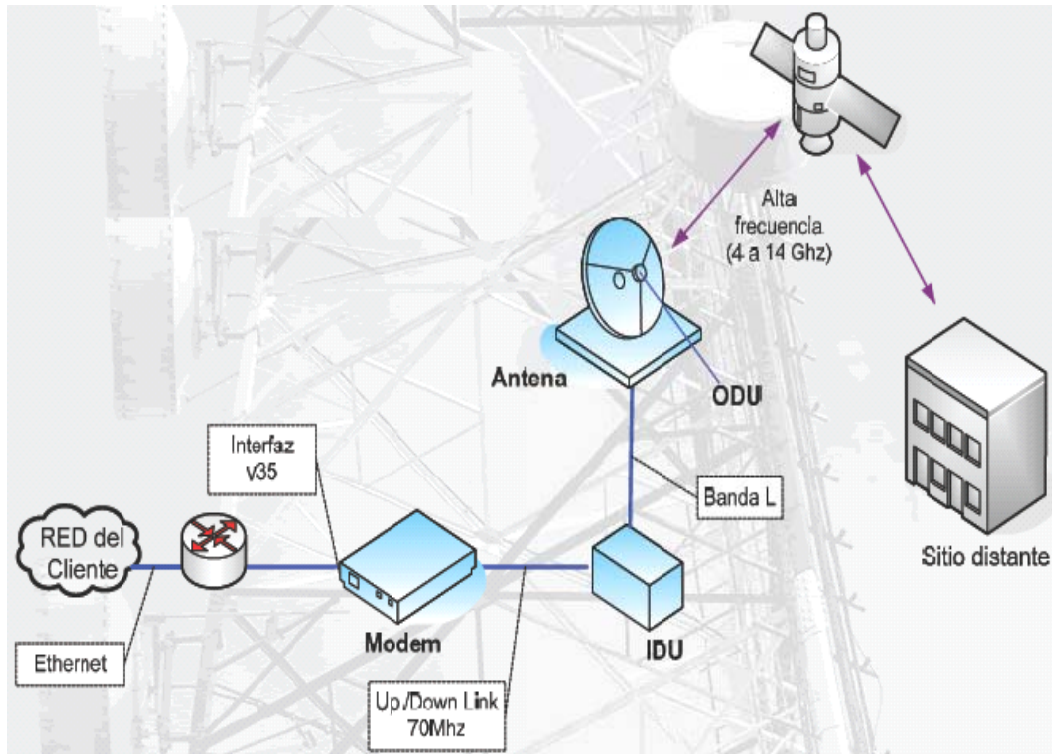


Figura20. Enlace punto a punto entre dos sitios del cliente

2. Enlaces VSAT

- Son enlaces punto a multipunto.
- VSAT significa Very Small Aperture Terminals
- Se compone de varias terminales con antenas de poco tamaño
- La red debe tener un HUB central (estación terrena) que controla la el uso de la red por parte de las terminales.
- Por su arquitectura es ideal para redes con organización centralizada
- Al tener un HUB central que gestiona la red, se puede reducir el costo de las terminales (0,5% del costo del HUB)
- La red en un principio no fue pensada para un uso continuo por parte de las terminales.
- La conexiones entre terminales tienen un delay de un doble salto satelital

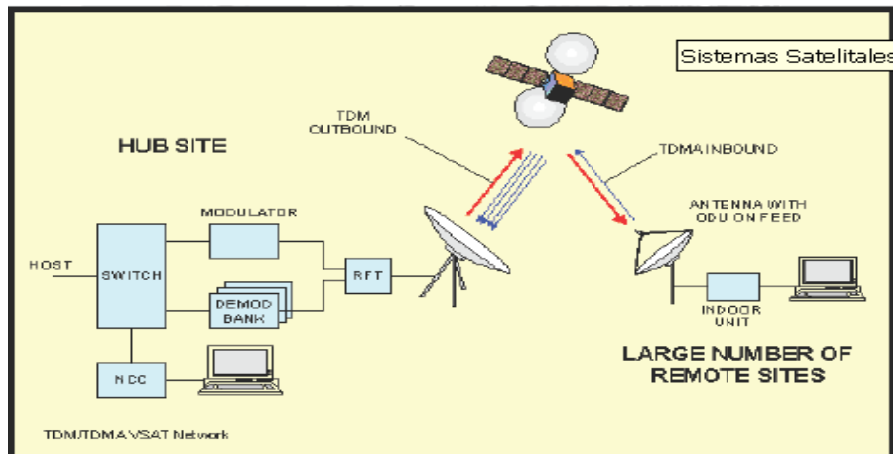


Figura21. Configuración de Red Vsat

- Para el Uso del Ancho de banda, el tráfico se divide en dos, Inbound (utiliza TDMA) y Outbound (TDM) (referenciado al HUB)
- Tipos de señal: El Outbound lo utiliza el HUB y se realiza a una tasa de transferencia alta (aprox. 1024kbps) utilizando TDM, generalmente lo hace en forma de broadcast para todas las estaciones remotas.
- Las terminales utilizan el Inbound, "luchando" por acceder al medio (Aloha o Aloha ranurado) es decir comparten el AB para la Tx.
- Una vez conseguido el medio transmiten con técnica TDMA.
- Los slots para transmitir pueden estar previamente establecidos o asignarse dinámicamente
- Acceso al medio: Las IDU pueden transmitir paquetes de datos en cualquier momento, en una frecuencia particular del inbound, sea por:
 - o Aloha ranurado: Las IDU pueden transmitir paquetes de datos en cualquier slot, en una frecuencia particular del inbound
 - o Asignación Fija: Las transmisiones son en un slot en particular y por un tiempo establecido o permanentemente, asignado a cada IDU (generalmente se usan en telefonía)
 - o Asignación dinámica: Los slots son dinámicamente asignados a una IDU en particular son intermitentes.
- Administración de la red: La red está controlado por el NCC (Network Control Center) ubicado en el HUB

- Cuando se agrega una terminal a la red, ésta debe ser agregada a la base de datos de la red (direcciones, puertos, etc.)
- Dicha base de datos tiene una tabla de ruteo, en la cual se establecen circuitos, entre los puertos de la terminal y el HUB.
- Estación HUB: Está compuesta por muchos subsistemas, todos los sistemas son redundantes (excepto la antena) controlados por un switchover automático. (Fig.21 Diagrama de Bloques)

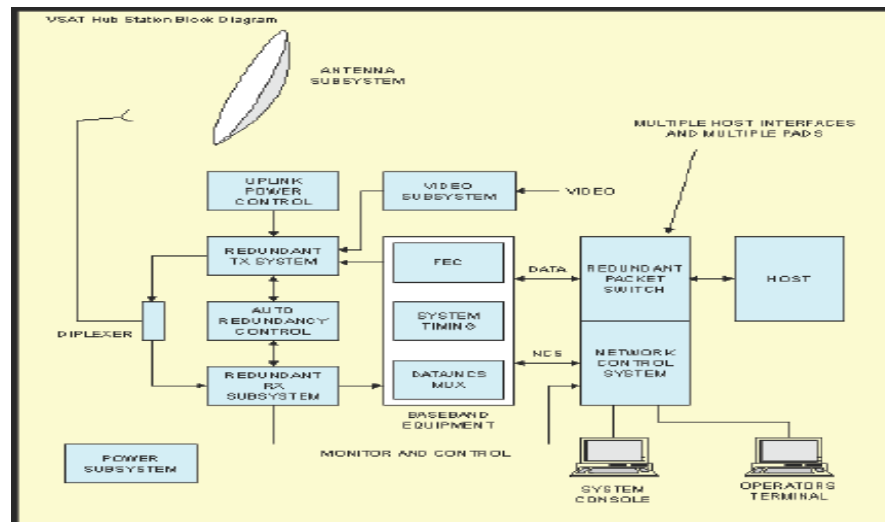


Figura22. Diagrama de bloques HUB VSAT

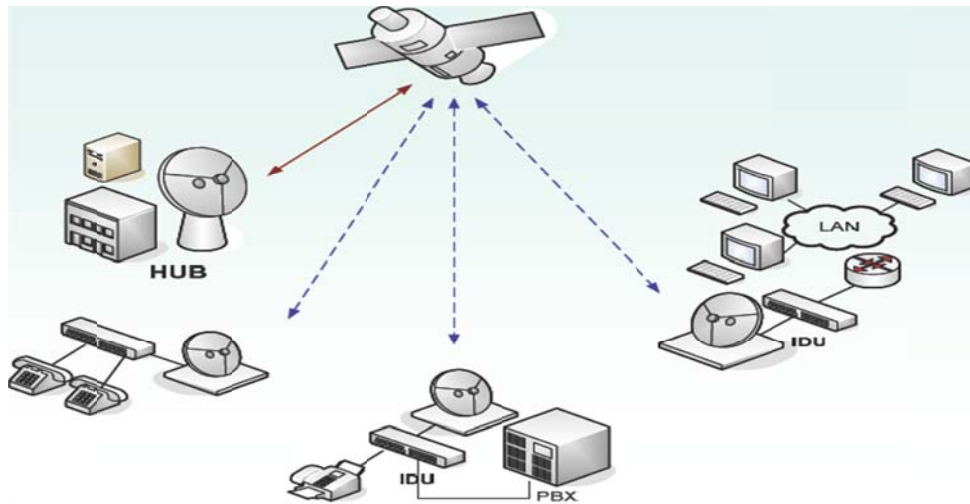


Figura23. Ejemplo de Red VSAT

3. Enlaces PAMA/DAMA topología Malla

- Características: Este tipo de redes no necesita de un HUB central
- Permite un mayor tráfico
- Trabaja con sistemas:
 - o PAMA(Pre Assigned Multiple Access)
 - o DAMA (Demand Assigned Multiple Access)
- Requiere un tamaño mayor de antena en las terminales.
- El acceso al medio es por FDMA

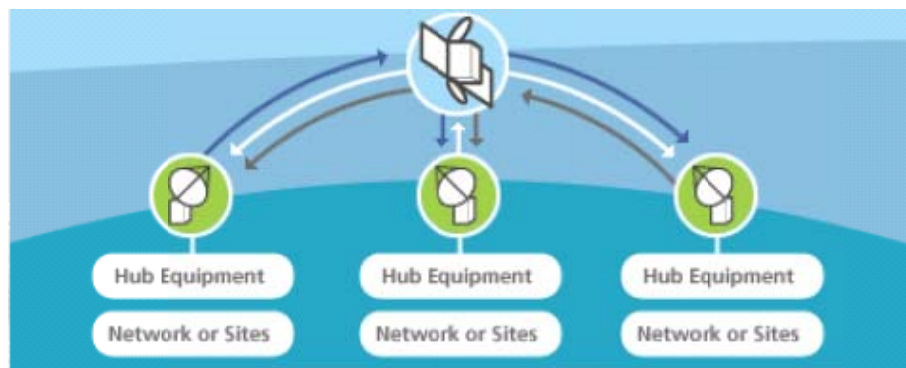


Figura24. Enlaces PAMA/DAMA Malla

- PAMA
 - o Se asigna una frecuencia a cada estación
 - o No es necesario realizar un establecimiento de las conexiones
 - o Apto para alto tráfico y aplicaciones interactivas
- DAMA
 - o No tienen frecuencia asignada cada estación, existen canales que están disponibles para ser utilizados
 - o Los canales de Tx/Rx se asignan por petición de las terminales (asignación dinámica)
 - o Apto para tráfico de voz.
- Funcionamiento de la red: Existe una NCS (Network Controller System) en el cual existe una base de datos con la información de las frecuencias disponibles para ser asignadas por la red
- Desde la estación central se Tx un Outlink (señalización y administración) en forma permanente para todas las placas DAMA
- Por demanda las remotas “piden” asignación de frecuencia para transmitir (DAMA) y el NCS las asigna
- Una vez asignadas levantan portadora y comienzan a intercambiar tráfico

Tipos de Sistemas de Conexión a Internet Vía Satélite

Existen dos formas de implementar la Conexión a Internet Vía Satélite:

- Sistema Una Vía
- Sistema de Doble Vía

Sistema Una Vía

Estos sistemas, se basan fundamentalmente en el uso de una estación transmisora principal, por la cual son enviadas al satélite las señales, que son posteriormente recibidas por un gran número de estaciones exclusivamente receptoras, típicamente de menor tamaño. Los principios que aplican al desarrollo de estos sistemas son que la información es unidireccional y originada en una o unas pocas fuentes y que es distribuida a una gran cantidad de usuarios.

La estación transmisora envía la señal sobre una o varias portadoras a velocidades que están comprendidas normalmente entre 19.2 Kbit/s y 2 Mbit/s.

Esta forma de conexión utiliza el satélite sólo para recibir datos.

Por tanto, es necesario disponer de otra conexión a Internet, aunque sea de baja velocidad (vía módem, Móvil GSM o GPRS, RDSI, ADSL, TRAC...).

Este sistema realiza las peticiones a través de la conexión terrestre y recibe los datos por satélite, lo que nos permitirá acceder a Internet con un mayor ancho de banda, proporcionándonos mayor velocidad de navegación y descarga de ficheros.

Sistema de Doble Vía

Esta forma de conexión utiliza el satélite para enviar y recibir datos.

No necesitaremos otra conexión adicional y tendremos acceso a Internet desde cualquier zona de cobertura del satélite.

Normalmente, este tipo de conexiones son asimétricas, es decir, tendremos diferente velocidad de envío y de recepción. Las velocidades de subida irán entre los 64 Kbps y los 2.048 Kbps. Las velocidades de bajada irán desde 256 Kbps a 38 Mbps.

La arquitectura de estas redes es similar a las unidireccionales. La estación central (Hub) transmite por una o varias portadoras al colectivo de estaciones remotas asociadas. La estructura de la información contenida en cada portadora es un Multiplex por División en el Tiempo, con múltiples canales, cada uno de los cuales puede ser asignado para su recepción por una o varias estaciones remotas. La estructura del Multiplex se puede ajustar a la demanda del tráfico, pero, en todo caso, se reserva cierta capacidad para los canales de control y asignación del sistema.

El número de portadoras de la estación central a las remotas suele ser pequeño y su velocidad de transmisión es correspondientemente mayor. Velocidades de 64 Kbit/seg a 2048 Kbit/seg son normales, por tanto los requisitos de transmisión exigibles a la estación central son mayores. La información se codifica con un código de protección de errores sin canal de

retorno. La recepción en las remotas es continua, lo cual hace que el coste del demodulador sea moderado.

En la dirección de transmisión de estaciones remotas a estación central se suele adoptar una solución de Acceso Múltiple por División en el Tiempo (AMDT) por cada portadora. Algunas VSAT pueden disponer de un tráfico sostenido, correspondiente por ejemplo a la transferencia de ficheros, y en este caso resulta conveniente asignarle una proporción fija de la capacidad de la portadora. Esto significa que esa estación y sólo esa accede a la portadora durante ciertos intervalos de tiempo, predeterminados con respecto a la referencia de la trama. Naturalmente, el número de intervalos asignados a cada estación en modo fijo dependerá de la demanda exigida por cada Terminal.

Otros terminales generan datos de forma discontinua y aleatoria, características de los procesos interactivos. Para este tipo de tráfico, y para las solicitudes de comienzo de transacción de los casos anteriores, es más adecuado permitir el acceso aleatorio con probabilidades controladas de colisión de las demandas de transmisión.

La topología de los sistemas VSAT interactivos es ideal para organizaciones que utilicen una estructura de procesamiento centralizada y un gran número de sucursales/terminales que comunican muy a menudo en tiempo real con el sistema central.

Esta configuración se adapta de forma natural a los requisitos de entidades financieras, sistemas de distribución de stocks, puntos de venta remotos, sistemas SCADA y un gran número de otras aplicaciones.

Además, en ciertas redes es posible utilizar canales pre asignados de capacidad fija, para ofrecer servicios de voz o de vídeo.

3.1.3 DVB-RCS vs IPOS

Se ha descrito los sistemas satelitales DVB-RCS por lo que ahora analizaremos brevemente el sistema IPOS (IP Over Satelite).

El Protocolo de Internet sobre Satélite (IPoS) fue ratificado por la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA-1008), en noviembre de 2003.

Este especifica la arquitectura y protocolos para la transmisión de Paquetes entre una estación central y una estación remota utilizando terminales de satélite estándar Ku band Doble-pipe geo sincrónicos.

El sistema IPoS es "always on" los servicios de IP y está dirigido a clientes residenciales, SOHO y grandes empresas.

Los principales servicios que se ofrecen a estos segmentos son:

- Acceso a Internet de banda ancha (para que las aplicaciones como el correo electrónico, navegación web, transferencia de ficheros), y la creación de redes de área extensa.
- Además servicios IP Multicast como audio / vídeo Streaming y el aprendizaje a distancia se pueden ofrecer a través de IPoS.

El Protocolo de Internet de transmisión por Satélite o IPoS, es el estándar de transmisión por satélite de banda ancha más utilizado, se ha convertido en el primer estándar global de la industria a través de la ratificación del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI).

IPoS es el interfaz aéreo diseñado específicamente para mejorar el despliegue de los servicios de transmisión por satélite de banda ancha, y ofrece todos los medios de mejora de los mercados mundiales de transmisión por satélite.

El estándar de IPoS se ha probado de forma exhaustiva, siendo altamente escalable y soportando los terminales de bajo coste. Ahora, gracias a la aprobación de los organismos gubernamentales, la amplia adopción de IPoS servirá para reducir los costos de equipamiento, disponiendo de un servicio de banda ancha a un precio contenido para muchos de los usuarios de todo el mundo.

IPoS es el único estándar industrial optimizado para el despliegue de servicios de banda ancha en los canales de satélite.

IPoS especifica un "Punto de Acceso de los Servicios de Satélite Independientes" (SI-SAP), que crea una interfaz bien definida entre las funciones dependientes del satélite y los estratos de aplicación, permitiendo la apertura de una plataforma para el despliegue de servicios abiertos. Otros de los beneficios IPoS son:

- IPoS es escalable. IPoS se emplea en los sistemas de satélite de banda ancha, siendo compatible con las aplicaciones de una oficina única de clientes multinacionales que funcionan desde una red privada virtual mundial.
- IPoS ha sido probado. IPoS es el sistema más utilizado, y ha demostrado su servicio estándar, implementándose en más de 500.000 sitios de todo el mundo. El año 2003 se ha enviado más de 180.000 terminales compatibles con IPoS, se trata del estándar más utilizado y demostrado, y dispone de más de 900.000 terminales enviados a sus clientes de más de 100 países de todo el mundo.
- IPoS tiene un coste bajo. IPoS cuenta con una arquitectura de terminales de bajo coste optimizada para la transmisión vía satélite, permitiendo el desarrollo de las aplicaciones de "conexión y funcionamiento", como VPNs, VoIP, aprendizaje a distancia y videoconferencia.

Como podemos observar IPoS es un estándar que ha ayudado a desarrollar aún más las comunicaciones satelitales de banda ancha y con esto seguirá aumentando el mercado de las comunicaciones vía satélite, por lo que a pesar de ser competencia con DVB-RCS y otras tecnologías estas pueden ser complementarias de acuerdo a las necesidades del usuario, en todo caso parece tener una ventaja ya que aparentemente estamos en camino hacia una convergencia de comunicaciones sobre IP.

3.1.3 Ventajas y desventajas

- Entre las ventajas del servicio de acceso a Internet Vía Satelite podemos señalar:
- Este sistema utiliza solamente protocolos e interfaces estándar. Todos sus componentes, con excepción del módem especializado para satélite, son productos disponibles comercialmente, y a su vez fáciles de instalar y mantener.
- Funciona como cualquier estación terrena dedicada para una conexión de acceso a Internet con servicio digital.
- Soporta enlaces VPN.
- Transmite voz, datos, video y cualquier aplicación IP.

Como desventajas podemos señalar:

- El retardo de propagación típico de 0.5s afecta a ciertas aplicaciones.

- El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del satélite.
- Como todo sistema basado en satélites es sensible a interferencias provenientes tanto de tierra como del espacio.

CAPITULO 4

4.1 Modelo de Usuario: Características

4.1.1 Introducción

El Internet en Ecuador ha tenido un crecimiento sostenido, según lo indican las cifras publicadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones desde el año 1996 en donde no se registraban usuarios de Internet.

En Ecuador tenemos que la evolución de usuarios del servicio de Internet, que según las cifras de la página web del Conatel – Senatel, a Septiembre del 2010 es de aproximadamente 2'700.000 usuarios, así:

| USUARIOS DE INTERNET A NIVEL NACIONAL | | | |
|---------------------------------------|------------|--------------|---------|
| Año | Conmutados | No Conmutado | Total |
| 2001 | 249,021 | 0 | 249,021 |
| 2002 | 282,492 | 0 | 282,492 |
| 2003 | 308,361 | 55,792 | 364153 |
| 2004 | 324,507 | 83,734 | 408241 |
| 2005 | 407,736 | 106,284 | 514020 |
| 2006 | 567,256 | 256,227 | 823483 |

| | | | |
|---------------|----------------|------------------|------------------|
| 2007 | 751,924 | 399,982 | 1151906 |
| Dec-08 | 364,856 | 944,749 | 1309605 |
| Mar-09 | 454,817 | 1,188,027 | 1,642,844 |
| Jun-09 | 201,460 | 1,503,472 | 1,704,932 |
| Sep-09 | 228,240 | 1,806,501 | 2,034,741 |
| Dec-09 | 453,746 | 1,598,401 | 2,052,147 |
| Mar-10 | 73,092 | 2,090,290 | 2,163,382 |
| Jun-10 | 54,760 | 2,608,195 | 2,662,955 |
| Sep-10 | 50,504 | 2,695,935 | 2,746,439 |

NOTA 1: Usuario es quien utiliza la cuenta de Internet, cada cuenta puede poseer uno o más usuarios

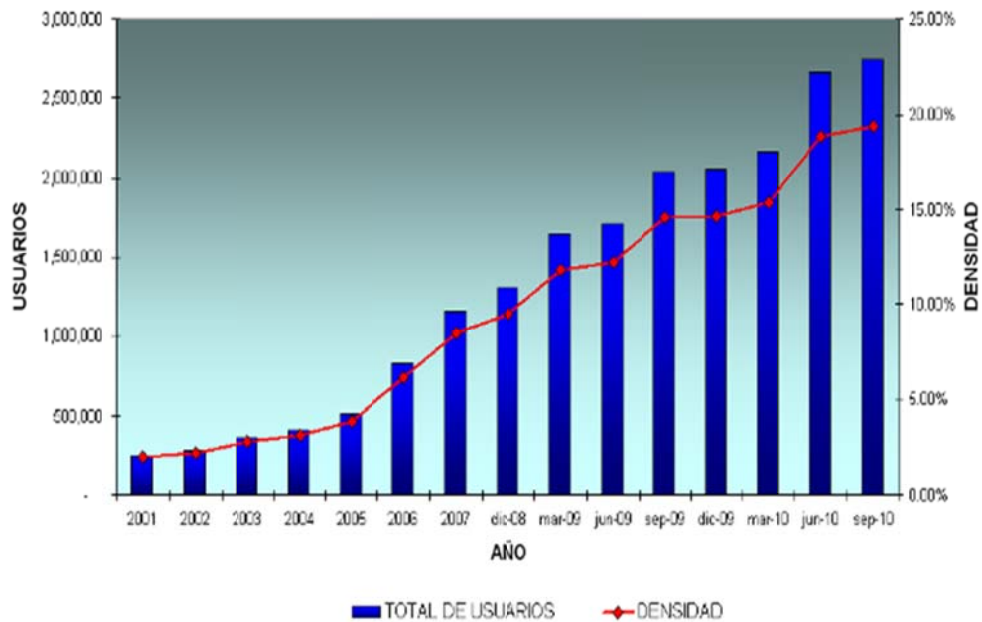
NOTA 2: Datos de usuarios con acceso no conmutado corresponden a estimaciones realizadas por ISPs

** Periodos en los cuales no se disponen de esta información.

Fuente: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=463

Tabla 8. Usuarios Internet Ecuador

EVOLUCION DE USUARIOS DEL SERVICIO DE INTERNET



Fuente: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=766&Itemid=463

Figura 25. Evolución Usuarios del Servicio de Internet en Ecuador

A pesar del crecimiento demostrado, existe un gran déficit en la provisión de servicios de Internet, las barreras principales que impiden el acceso, constituyen los aspectos económicos, tanto en la adquisición del hardware necesario para el acceso, como en los altos precios del servicio. Otra de las barreras constituye la falta de preparación de la población para utilizar al Internet como herramienta en la actividad que realiza, ya sea trabajo, estudios, entre otros.

4.1.2 Uso de Internet en Ecuador

La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) realizó un sondeo de percepción sobre aspectos técnicos relacionados con el acceso a la Internet. Las preguntas formuladas permiten determinar la frecuencia de uso para acceder a la Internet, equipos que se utilizan, velocidad de conexión, tiempo que usan el servicio, entre otros temas.

El sondeo se realizó a 435 usuarios localizados en las siguientes provincias: Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja, Manabí, Morona Santiago, Pichincha, Pastaza, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Tungurahua y Zamora. A continuación se señalan algunas de las respuestas:

FRECUENCIA DE USO DE LA CUENTA DE INTERNET: El 65,06% de las personas consultadas indicaron que usan la cuenta de acceso a la internet todos o casi todos los días, mientras que el 23,45% lo hacen varias veces a la semana; el resto de respuestas indican que utilizan la cuenta una vez por semana, varias veces al día o un par de veces al mes.

Todos o casi todos los días: 65,06%

Una vez por mes: 1,15%

Un par de veces al mes: 0,69%

Una vez por semana: 5,75%,

Varias veces a la semana: 23,45%

Varias veces al día: 3,91%

EQUIPO O EQUIPOS QUE UTILIZA PARA ACCEDER A INTERNET: El 86% de los encuestados manifestó que usan un computador fijo para conectarse a internet; el porcentaje restante dijo que emplea un computador portátil (laptop).

Computador fijo o de sobremesa: 85,98%

Computador portátil (laptop): 14,02%

TIEMPO QUE UTILIZA INTERNET AL DÍA: La mayoría de personas que participó en el sondeo, el 43%, dijo que usa el servicio entre una y dos horas al día; el 20% entre 2 y 4 horas; el 16% entre 4 y 8 horas; de media hora a una hora corresponde al 12%; las restantes personas manifestaron que utilizan menos de 15 minutos al día.

Menos de 15 minutos: 2,30%

De 15 minutos a media hora: 6,90%

De media hora a 1 hora: 11,95%

Entre 1 y 2 horas: 42,53%

Entre 2 y 4 horas: 20,46%

Entre 4 y 8 horas: 15,86%

CANTIDAD DE PERSONAS QUE UTILIZAN SU CUENTA DE INTERNET: El 36,32% de los encuestados expresó que solo una persona usa su cuenta de internet; el 29,43% manifestaron que dos personas utilizan su cuenta; y, el 16,32% indicaron que tres personas acceden desde su cuenta; las

restantes respuestas señalan que usan la cuenta desde cuatro hasta veinte personas.

Entre 11 y 20: 2,30%

Entre 6 y 10: 4,60%

Cinco: 3,68%

Cuatro: 7,36%

Tres: 16,32%

Dos: 29,43%

Una: 36,32%

TIEMPO QUE UTILIZA INTERNET EN SU DOMICILIO, EN UNA SEMANA PROMEDIO: La mayoría de encuestados, más del 65%, señaló que usan internet en su domicilio desde cuatro hasta 30 horas; el 19,77% lo utilizan entre una y cuatro horas; el 10,80% dedican su tiempo para conectarse entre 30 y 60 horas; un porcentaje menor afirmaron que usan el servicio menos de una hora o más de 60 horas.

Menos de 1 hora: 1,84%

Entre 1 y 4 horas: 19,77%

Entre 4 y 10 horas: 32,64%

Entre 10 y 30 horas: 33,33%

Entre 30 y 60 horas: 10,80%

Más de 60 horas: 1,61%

FIN PRINCIPAL O MAYORITARIO AL ACCEDER A INTERNET: El 54,48% de los encuestados afirman que se conectan para fines laborales o profesionales; el 33,33 para actividades académicas; el 11,26% para comunicarse; y, menos del 1% para divertirse.

Comunicación: 11,26%

Trabajo / Actividad profesional: 54,48%

Uso académico: 33,33%

Diversión: 0,92%

Fuente: http://www.aeprovi.org.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=299&Itemid=34

Estos datos comparados con los datos de uno de los ISP que da servicio en Ecuador, tenemos que el uso de la navegación y el envío de correos ocupan entre el 90% y 96% como servicios más usados y que mayormente ocupan el tiempo de uso de internet en Ecuador.

Así también podemos ver datos de la compañía Alexa (Web Information Company) donde para el país los diez sitios más visitados son:

- Facebook
- Google
- Google Ecuador
- Windows Live
- Youtube
- MSN

- Blogger.com
- Hi5
- Wikipedia

Fuente: <http://www.alex.com/topsites/countries/EC>

Lo que ratifica los datos anteriores mostrados.

CONSIDERACIONES EXTRAS ACTUALES DEL PAIS

- Accesos a Internet

El Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) adjudicó un contrato de aproximadamente 13.5 millones de dólares, para dotar de acceso a Internet, soporte técnico telefónico, equipamiento (computadoras) y capacitación a escuelas del sector rural.

Este acuerdo forma parte del Plan Nacional de Conectividad, el que beneficiará de estos servicios a 947 establecimientos educativos fiscales y 26 organismos de desarrollo social, este proyecto dotará del acceso a internet sobre una red de fibra óptica en su mayoría combinada con radio enlaces, lo que permitirá masificar el internet a las zonas rurales del país mediante esta iniciativa de gobierno.

La intensión principal del Ministerio es llegar con tecnología de punta a los sectores alejados, ya que la Internet es una herramienta fundamental para el crecimiento de la población.

También se debe señalar que como parte del Plan Nacional de Conectividad, la empresa estatal CNT EP, trabaja en la masificación del acceso a internet a nivel del país mediante la red de fibra óptica y cobre que dispone en todo el país.

- Televisión Digital

También cabe resaltar que el país está entrando en una fase de avance tecnológico en varias ramas, una de ellas la televisión digital.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones Mediante Resolución N° 084-05-CONATEL-2010 del 25 de marzo de 2010, resolvió adoptar el estándar ISDB-T Internacional para el Ecuador, con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil y las que hubieren al momento de su implementación, luego de un análisis efectuado en los aspectos técnico, socioeconómico y de cooperación internacional de los diferentes estándares para TV Digital.

La Televisión digital Terrestre “TDT”, es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión analógica, proceso que permitirá optimizar el espectro radioeléctrico e implementar nuevos servicios audiovisuales e interactivos con una programación diversa través de este medio de comunicación, es una oportunidad que posibilitará el desarrollo de

múltiples programas y aplicaciones como Telegobierno, Telesalud y Teleducación

El estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting): es el formato de televisión digital y radio digital que Japón ha creado para permitir a las estaciones de radio y televisión la conversión a digital. Además de transmisión de audio y video, ISDB también define conexiones de datos (transmisión de datos) con internet como un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos.

Al igual que DVB, tiene secciones ISDB-T (terrestre), ISDB-C (Cable) e ISDB-S (Satélite), entre las características principales tiene:

Transmisión de datos:

- ISDB-T puede transmitir un canal HDTV y un canal de **teléfono móvil** dentro de un ancho de banda de 6 MHz reservado usualmente para transmisiones de TV.
- ISDB-T permite seleccionar entre dos y tres canales SDTV en lugar de uno solo en HDTV (multiplexando canales SDTV). La combinación de estos servicios puede ser cambiada en cualquier momento.
- **ISDB-T proporciona servicios interactivos con transmisión de datos. Servicios tales como juegos o compras, vía línea telefónica o Internet de banda ancha.**
- ISDB-T proporciona EPG (Electronic Program Guide, o guía electrónica de programas)

- **ISDB-T soporta acceso a Internet como un canal de retorno que trabaja para soportar la transmisión de datos. Acceso a Internet también es provisto en teléfonos móviles.**
- ISDB-T provee SFN (Single Frequency Network) y tecnología on-channel repeater. SFN hace uso eficiente del recurso de frecuencia (espectro).
- ISDB-T se puede recibir puertas adentro con una simple antena interior.
- ISDB-T proporciona robustez a la interferencia multiruta ("fantasmas")
- ISDB-T proporciona robustez a la interferencia de televisión análoga co -canal.
- ISDB-T proporciona robustez a ruidos impulso que vienen de motores de vehículos y líneas de poder en ambientes urbanos.
- ISDB-T permite recepción de HDTV en **vehículos móviles** por sobre los 100 km/h; DVB-T solo puede recibir SDTV en vehículos móviles, ATSC no puede ser recibido en vehículos móviles en absoluto (sin embargo, a principios de 2007 hubo reportes de recepción exitosa de ATSC en laptops usando receptores USB en vehículos móviles).
- 1seg (One-seg) es un servicio de **transmisión móvil** terrestre de audio/video digital en Japón. Aunque 1seg es diseñado para uso móvil la recepción ha probado ser problemática en vehículos en movimiento.

Como podemos observar, con la adopción de este estándar, también tendremos en el país una herramienta extra de masificación de internet, siempre y cuando se pueda aprovechar las ventajas del mismo.

4.1.3 MODELOS DE TRÁFICO DE INTERNET

Los modelos de tráfico de Internet expuestos a continuación, fueron elaborados como parte del proyecto IBIS (*Integrated Broadcast Interaction System*) “*Deliverable D20 IBIS WP 200*”, el cual propone una red DVB-S/RCS interactiva a través de un satélite con procesamiento a bordo.

En el proyecto IBIS además de los modelos de tráfico de Internet, se contemplan modelos de tráfico para VoIP, Videoconferencia, Servicios de televisión interactiva, etc.

Se ha tomado estos modelos de referencia ya que la mayoría de ellos se basan en caracterizaciones de entornos reales de Internet.

4.1.3.1 NAVEGACIÓN WEB

La mayor parte de la carga del Internet está dominada por el protocolo de aplicación HTTP (usado por los clientes y servidores Web. La caracterización del tráfico HTTP puede estar dada en base a las siguientes alternativas: registros de servidores Web, registro de comportamiento de

usuario y trazos de paquetes Web filtrados de los flujos de tráfico de una LAN.

Un método para reunir información consiste en recolectar trazos de paquetes tomados de una subred con tráfico HTTP, tal como una LAN de medio compartido. A partir de esta información y tomando en cuenta los protocolos de capas superiores es posible producir un modelo de la aplicación original. Este método es mayormente preferido, principalmente porque éste permite capturar el comportamiento de un usuario en particular, siendo capaz de registrar la actividad de cualquier cliente HTTP.

4.1.3.1.1 MODELO DE TRÁFICO PARA SERVIDOR WEB

Este modelo está basado en *NetSpec Source Models*. El *software NetSpec* es una herramienta para generación de tráfico de diferentes servicios tales como Telnet, FTP, voz, vídeo, y Web. Con *NetSpec* la generación de tráfico del servidor Web es modelada en base a dos distribuciones de los siguientes parámetros: tiempos medios inter-peticiones (Nivel de Llamada) y tamaño del documento de transferencia (Nivel de Sesión). La figura 26 muestra el esquema general del modelo.

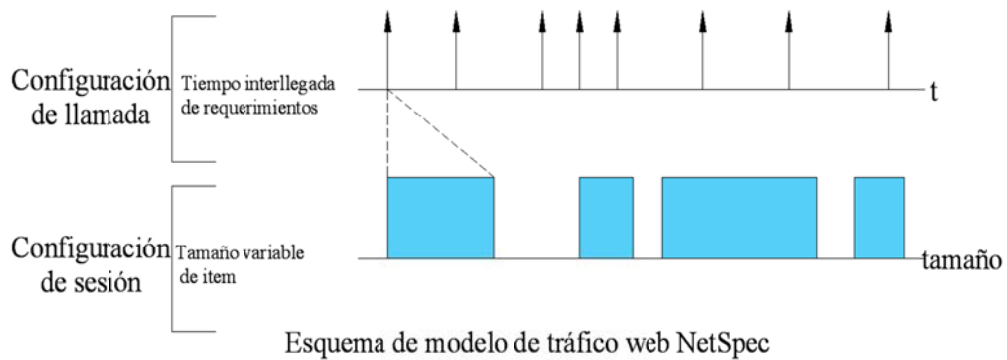


Figura 26. Tiempos medios inter-peticiones.

Para un único usuario, el tiempo medio inter-peticiones está caracterizado con los siguientes parámetros: el número medio de peticiones es de 5,75 y la desviación estándar de las mismas es de 7,73 en un período de media hora.

Existe un alto grado de variación en el tamaño del documento lo que refleja la gran variedad de tipos de documentos accedados en el servidor (HTML, audio, vídeo, *PostScript*, imágenes, etc.).

4.1.3.2 Modelo de tráfico de usuario-cliente Web

Los modelos que caracterizan la generación de tráfico de usuario Web incluyen además del tiempo inter-peticiones y el tamaño de la página Web, aspectos tales como: tiempo que se toma el usuario para pensar (tiempo de lectura), *bytes* por página transferidos desde el cliente al servidor, todos los retardos de transferencia de la página, *bytes* por objetos adjuntos en líneas transferidos desde el servidor hacia el cliente, y número

de objetos adjuntos en líneas por página. La tabla 9 muestra la correspondiente distribución con parámetros.

Se considera la utilización de dos fuentes ON/OFF para la generación sintética de tráfico Web, donde el estado ON representa toda la actividad que implica el descargar una página Web, y el estado OFF representa el período de silencio o inactividad que le sigue. La duración de los estados ON y OFF corresponde al tiempo de descarga de la página Web y el tiempo de lectura del usuario, respectivamente. Este modelo también incluye aspectos tales como: número de páginas ya descargadas y no descargadas en el navegador del cliente Web. (Ver tabla 10).

| Parámetro | Distribución | Parámetros |
|--|----------------------|---|
| Tamaño de página | Lognormal | $\sigma = 2.16, \mu = 8.27$ |
| Tiempo de lectura | Lognormal | $\sigma = 1.566, \mu = 2.754$ |
| Tiempo agregado de petición entre páginas | Weibull Lognormal | $\sigma = 0.8636, \mu = 0.9788$ $\lambda = 1.1471$ |
| Bytes por página cliente → servidor | Lognormal | $\sigma = 1.2005, \mu = 6.76$ |
| Duración de página | Lognormal | $\sigma = 1.615, \mu = 2.0995$ |
| Bytes por objeto servidor → cliente | Lognormal | $\sigma = 1.82, \mu = 6.78$ |
| Bytes por objeto cliente → servidor | Lognormal | $\sigma = 0.3208, \mu = 5.9288$ |
| Objetos por página | Lognormal | $\sigma = 1.0514, \mu = 1.7448$ |

Tabla 9. Parámetros del modelo y sus correspondientes distribuciones.

| Parámetro | | Distribución | Desviación media y estándar |
|-----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|
| Tamaño de petición | | Lognormal | Media = 360.4 B S.D. = 106.52 |
| Tamaño de objeto | Principal | Lognormal | Media = 10709.8 B S.D. = 25032.1 |
| | Entre líneas | Lognormal | Media = 7757.74 B S.D. = 126168 |
| Tiempo de análisis | | Gamma | Media = 0.132 s S.D. = 0.187 |
| Número de objetos entre líneas | | Gamma | Media = 5.55 S.D. = 11.35 |
| Tiempo inter-llegada entre líneas | | Gamma | Media = 0.86 s S.D. = 2.15 |
| Tiempo de descarga de página | | Weibull | Media = 11.35 s S.D. = 23.85 |
| Tiempo de lectura (estado OFF) | | Weibull | Media = 39.45 s S.D. = 92.57 |
| Número de peticiones Web | No descargadas | Lognormal | Media = 12.6 S.D. = 21.6 |
| | Descargadas | Geométrica | Media = 1.7 S.D. = 1.7 |

Tabla 10. Parámetros del modelo considerando las fuentes ON/OFF.

Se puede observar de la caracterización propuesta por H. Choi, J. Limb y M. Molina, P. Castelli y G. Foddis, que estos modelos no separan las sesiones Web; en otras palabras, esta parametrización permite la composición de un número ilimitado de sesiones Web.

En “A page-oriented WWW traffic model for wireless system simulation”, el modelo de tráfico Web está basado en un modelo estructural con tres niveles (Sesión, Página y Paquete).

La caracterización del tráfico Web es mostrada en la tabla 11 donde se hace una diferencia entre un escenario educacional y uno corporativo.

| Nivel | Parámetro | Distribución | Escenario Corporativo | Escenario Educacional |
|---------|---------------------------------|--------------|---|---|
| Sesión | Tiempo inter-llegada de sesión | Exponencial | Proceso Poisson, exponencialmente distribuido. Depende de la carga de tráfico deseada | |
| | Páginas por sesión | Lognormal | $\mu = 25.807 p.p.s.$ $\sigma = 78.752 p.p.s.$ | $\mu = 22.975 p.p.s.$ $\sigma = 166.16 p.p.s.$ |
| Página | Tiempo entre páginas | Gamma | $\mu = 35.286 sec.$ $\sigma = 147.39 sec.$ | $\mu = 24.694 sec.$ $\sigma = 113.9 sec.$ |
| | Tamaño de páginas | Pareto | $\alpha = 1.7584$ $\beta = 30458 bytes$ | $\alpha = 1.5549$ $\beta = 31341 bytes$ |
| Paquete | Tamaño de paquete | Multi-modal | Cuatro tamaños diferentes de paquete (40, 552, 576, 1500) media = 822.31 bytes | |
| | Tiempo inter-llegada de paquete | Exponencial | $\mu = 0.73 sec.$ | $\mu = 1.07 sec.$ |

Tabla 11. Parámetros del modelo considerando escenarios corporativos y educacionales.

4.1.3.3 Modelo UMTS de tráfico Web

Esta sección mostrará el modelo propuesto por la especificación UMTS *Universal Mobile Telecommunication System*.

La figura 27 muestra una típica sesión de navegación WWW, la cual consiste de una secuencia de llamadas de paquetes. El usuario inicia una llamada de paquete cuando solicita una entidad de información. Durante una llamada de paquete, algunos paquetes pueden ser generados, lo que significa que la llamada de paquete constituye una secuencia de paquetes a ráfagas. Es muy importante tomar en cuenta este fenómeno en el modelo de tráfico. La naturaleza de ráfagas durante la llamada de paquete es un rasgo característico de la transmisión de paquetes en una red fija.

Una sesión de servicios de paquete contiene una o varias llamadas de paquetes dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en una sesión de navegación WWW, una llamada de paquete corresponde a la descarga del documento WWW. Después de que el documento es enteramente descargado en el terminal, el usuario consume un cierto tiempo para el estudio de la información. Este intervalo de tiempo es denominado Tiempo de Lectura como en los modelos anteriores. También es posible que la sesión contenga sólo una llamada de paquete. De hecho, éste es el caso para la transferencia de archivos (FTP). Así que, la figura 27 puede ser modelada con el fin de describir el comportamiento típico descrito a continuación: Proceso de llegada de sesión, Número de llamadas de paquetes por sesión, N_{pc} , Tiempo de lectura entre llamadas de paquetes,

D_{pc} , Número de datagramas dentro de una llamada de paquete, N_d , Tiempo inter-llegada entre datagramas (dentro de una llamada de paquete) D_d y Tamaño del datagrama, S_d .

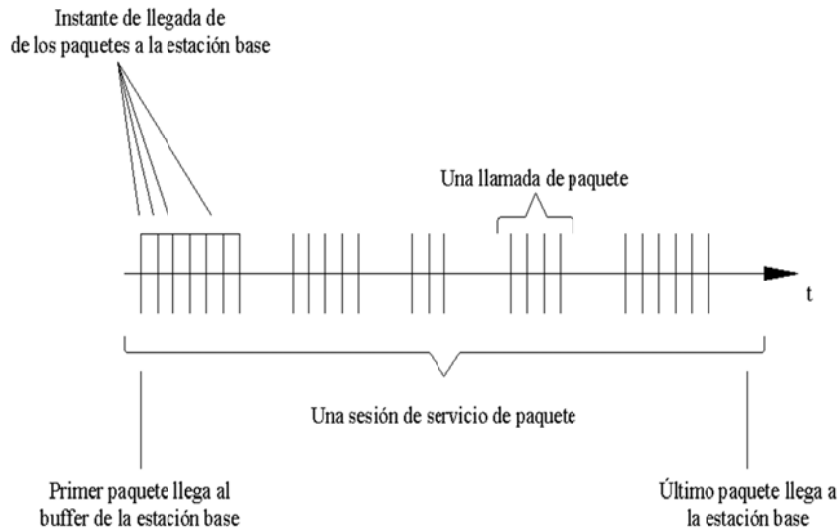


Figura 27. Característica típica de una sesión de servicio de paquete.

Nótese que el tamaño de sesión es modelado implícitamente por el número de eventos durante la sesión.

La tabla 12 muestra los valores medios definidos para una distribución típica del servicio WWW. De acuerdo con los valores establecidos para α y k en la distribución de Pareto, el tamaño promedio de paquete μ es de 480 bytes. El tamaño promedio para un archivo solicitado es entonces $\mu_{N_d} \times \mu = 25 \times 480 \text{ bytes} \approx 12 \text{ Kbytes}$.

| Tipos de información basados en paquetes | Número promedio de llamada de paquetes por sesión | Tiempo promedio de lectura entre llamadas de paquetes [s] | Cantidad promedio de paquetes en una llamada de paquetes | Tiempo promedio inter-llegada entre paquetes [s]¹ | Parámetros para la distribución del tamaño de paquete |
|---|--|--|---|---|--|
| Navegación WWW a 8 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.5 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |
| Navegación WWW a 32 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.125 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |
| Navegación WWW a 64 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.0625 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |
| Navegación WWW A 144 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.0277 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |
| Navegación WWW A 384 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.0104 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |
| Navegación WWW A 2048 kbps | 5 | 412 | 25 | 0.00195 | $k = 81.5$ $\alpha = 1.1$ |

Tabla 12. Valores medios definidos para una distribución típica del servicio WWW.

4.1.3.3 Modelo WWW para redes inalámbricas (Único usuario)

En “*Source Traffic Modeling of Wireless Applications*”, se desarrolla un modelo Web de un único usuario basado en las fases de actividad del mismo. Básicamente, las fases de actividad consisten en dos secuencias: *HTTP-ON* y *HTTP-OFF*, tal como se muestra en la figura 28.

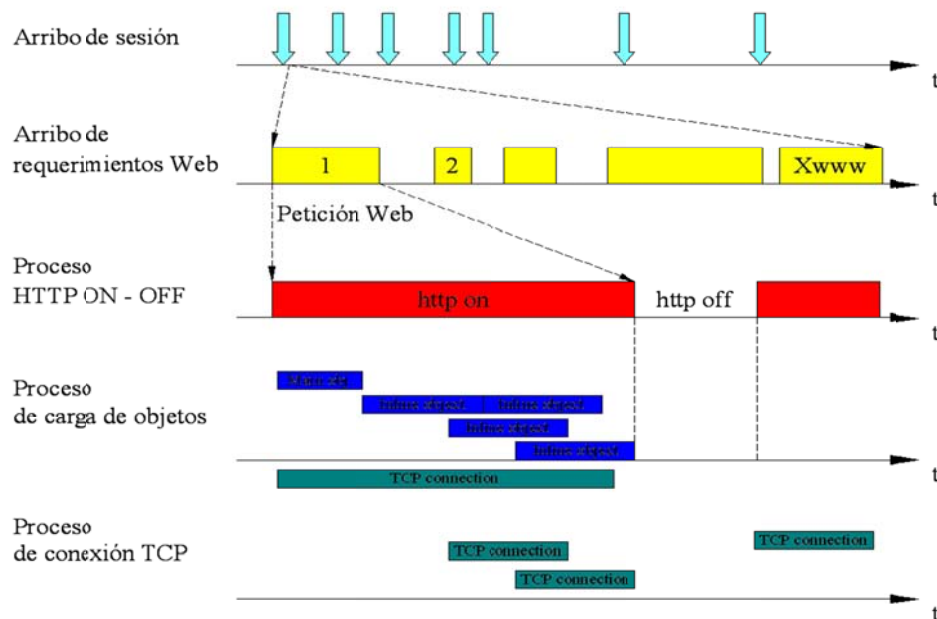


Figura 28. Fases de actividad WWW.

Una fase *HTTP-ON* inicia después de la llegada de una petición Web. La fase *HTTP-ON* modela la actividad después de aceptar la petición Web. La fase *HTTP-OFF*, por su parte, representa el período de silencio después de que todos los objetos de una petición Web son recuperados por el usuario. En consecuencia, la duración de las fases *HTTP-ON* y *HTTP-OFF*

corresponde al tiempo de carga de la página Web y al tiempo de lectura de la misma, respectivamente, donde el tiempo de lectura puede ser cero en el caso de que un usuario comience una petición Web durante el tiempo de carga de un objeto.

Durante la fase *HTTP-ON*, se cargan los objetos que forman la página Web solicitada. Se pueden distinguir dos tipos de objetos: objeto principal (archivo principal que contiene un documento HTML) y objeto entrelíneas (objeto vinculado al documento de hipertexto). Dependiendo de la versión del navegador en uso, algunas conexiones TCP pueden ser activadas para cargar los objetos. La activación y desactivación de las conexiones TCP pueden ser en parte serial o paralelas. Las conexiones TCP paralelas, por ejemplo para el caso de los objetos entrelíneas, son abiertas consecutivamente después de establecida la conexión única del objeto principal.

A continuación se detallará un resumen para el modelo HTTP recomendado para un usuario único y las correspondientes distribuciones con sus parámetros. El modelo consiste de dos partes principales:

- a) El primer grupo de parámetros describe el nivel de sesión con el tiempo entre dos sesiones y el número de peticiones Web por sesión y,

- b) El segundo grupo de parámetros describe la composición de una petición Web con el tamaño del objeto principal y el número de objetos entrelíneas y sus tamaños, el tamaño de *GetRequest* y el tamaño del tiempo de lectura de la página Web.

Este modelo contiene las variables aleatorias que se muestran en la tabla 13.

| Variable | Descripción |
|------------------|---|
| l _{www} | Tiempo entre dos sesiones WWW |
| X _{www} | Número de peticiones Web por sesión Web |
| V _{www} | Tiempo de lectura de la petición Web |
| M _{www} | Tamaño de objeto principal |
| N _{www} | Número de objetos por página |
| O _{www} | Tamaño del objeto entrelíneas |
| R _{www} | Tamaño del <i>GetRequest</i> |

Tabla 13. Variables aleatorias que describen el modelo.

Las distribuciones para cada variable aleatoria se muestran en la tabla 14.

| Variable | Distribución | Media | Desviación estándar |
|------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| X _{www} | Lognormal (1.8,1.68) | E(X) = 25 páginas | 100 páginas |
| V _{www} | Weibull (α, β) | E(X) = 39.5 s | $\sigma = 92.6$ |
| N _{www} | Gamma (0.24,23.42) | E(X) = 5.55 | $\sigma = 11.4$ |

| | | | |
|------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| M _{www} | Lognormal (1.31,1.41) | E(X) = 10 KB | $\sigma = 25$ Kbytes |
| O _{www} | Lognormal (-0.75,2.36) | E(X) = 7.7 KB | $\sigma = 126$ Kbytes |
| R _{www} | Lognormal (5.84,0.29) | E(X) = 360 B | $\sigma = 106$ bytes |

Tabla 14. Distribuciones para las variables aleatorias de la tabla 4.10.

Los parámetros de la tabla anterior son producto de una petición Web cuyo tamaño promedio está alrededor de los 50 *Kbytes*. El tamaño del tiempo entre dos sesiones sólo puede ser determinado en base a mediciones suficientemente grandes y cada sesión tiene que ser asignada a un usuario específico.

El tamaño de los paquetes IP está limitado a 1500 *bytes* puesto que este MTU es el más utilizado. Sin embargo, si se tienen que transmitir menos *bytes*, por ejemplo en el caso del *GetRequest*, se permite a los paquetes IP ser de menor tamaño.

4.1.3.4 CORREO ELECTRÓNICO E-MAIL

Además de las aplicaciones HTTP, uno de los servicios más usados dentro del Internet es el de correo electrónico o *e-mail*. En la literatura, el uso del *e-mail* no es ampliamente estudiado como si lo es el comportamiento de

usuarios Web. La mayoría de los modelos analizan el tráfico SMTP (mensajes enviados por usuarios) como el muy popular modelo propuesto por Paxson. En general no existe una caracterización completa del correo electrónico, esto también incluye el tráfico POP3 (mensajes recibidos por los usuarios).

4.1.3.5 Modelo SMTP

Como se mencionó anteriormente, un modelo muy popular de tráfico SMTP fue propuesto por Paxson. Este modelo indica que cada conexión transfiere más de 300 *bytes*, lo cual constituye una cabecera aproximadamente fija, y que aquellas conexiones con un número menor total de *bytes* emisores, corresponden a fallas (por una dirección de correo errónea o por que la máquina remota está ocupada y no es capaz de aceptar correo).

Paxson encontró que la distribución de *bytes* emisores SMTP es bimodal ya que el *e-mail* es usado a veces para transferir archivos. El modelo muestra dos distribuciones *log₂normal* como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\log_2 \text{ normal} + 300 \text{ bytes}, 0 - 80\%; \mu \approx 10 \text{ y } \sigma = \log_2 2.75 [\text{bytes}]$$

$$\log_2 \text{ normal} + 300 \text{ bytes}, 80 - 100\%; \mu \approx 8.5 \text{ y } \sigma = \log_2 3 [\text{bytes}]$$

Debido a que la media provista en el modelo corresponde a la media geométrica, la distribución *lognormal* media $E(x)$ puede ser evaluada

aplicando la siguiente ecuación, la cual también considera el factor de conversión \log_2 :

$$E(X) = 2^\mu 2^{\frac{\sigma^2 \log_e 2}{2}} = 1708 \text{ bytes}, 0 - 80\%$$

$$E(X) = 2^\mu 2^{\frac{\sigma^2 \log_e 2}{2}} = 662 \text{ bytes}, 80 - 100\%$$

La conexión alcanza un pico durante las horas de inactividad (*off-hours*), y un mínimo durante las horas de trabajo pico. Los usos de SMTP para transferir archivos tienden a suceder en las *off-hours* y provocan este patrón.

El modelo no muestra una distribución para los *bytes* de respuesta en conexiones SMTP, ya que estos últimos generan únicamente pequeñas variaciones en la distribución descrita para los *bytes* emisores.

4.1.3.6 Modelo POP3/IMAP

Como fue explicado anteriormente, la caracterización *e-mail* no ha sido ampliamente estudiada por lo que no existe un buen modelo de tráfico para los mensajes POP3/IMAP. Basado en la experiencia se ha podido caracterizar los mensajes POP3/IMAP de la misma manera que los mensajes SMTP, con la siguiente diferencia: los usuarios usualmente

reciben más *e-mail* que los que envían, el ratio entre los mensajes recibidos y enviados oscila de 3 a 6 para usuarios domésticos y educacionales, respectivamente. De aquí que, la velocidad de generación de mensajes para este servicio puede ser obtenida multiplicando 3 o 6 veces la velocidad de generación de mensajes de los servicios SMTP. Será de utilidad el uso de un promedio de 4 veces, de esta manera la velocidad de generación de mensajes de un usuario POP3 será de $\lambda = 0.0004 \text{ msg/s} = 0.024 \text{ msg/min}$.

Nótese que la generación de mensajes POP3 no es un proceso Poisson, el comportamiento normal será el de generar ráfagas periódicas de mensajes, por ejemplo cada 10 minutos siendo el tamaño de ráfaga aleatorio.

4.1.3.7 SERVICIOS REMOTOS INTERACTIVOS (IRS) (TELNET/SLOGIN)

Para caracterizar la generación de tráfico de las sesiones IRS, será descrito el modelo propuesto por Paxson para sesiones TELNET.

La velocidad de generación de sesión de las conexiones IRS es modelada como un proceso homogéneo de Poisson; el patrón de las sesiones de llegada es dominado por un patrón de 24 horas y depende de la hora del día (*hourly Poisson*).

La duración de la sesión IRS sigue una distribución \log_2 normal con media = $\log_2(240) = 7.91$ y una desviación estándar $\sigma = \log_2(7.8) = 2.96$. El tamaño del mensaje emisor sigue una distribución logarítmica extrema con $\alpha \approx \log_2(100)$ y $\beta \approx \log_2(3.5)$. La expresión matemática para la distribución logarítmica extrema se muestra en la siguiente ecuación:

$$F(x) = \exp\left\{-\exp\left\{-\frac{X - \alpha}{\beta}\right\}\right\}$$

Finalmente, el cociente de los mensajes de respuesta y de los mensajes emisores sigue una distribución lognormal con una media = $\log_2(21) = 4.39$ y una desviación estándar $\sigma = \log_2(3.6) = 1.85$.

4.1.3.8 SERVICIOS DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS FTP

Similar a la caracterización del tráfico TELNET, Paxson también propone un modelo para caracterizar las sesiones FTP y su generación de tráfico. Éste es uno de los modelos más populares encontrados en la literatura.

La velocidad de generación de sesiones de las conexiones FTP puede ser modelada con un proceso homogéneo de Poisson; el patrón de la llegada de sesiones FTP es dominado por un patrón de 24 horas y depende de la hora del día (*hourly Poisson*). La duración de sesión guarda directa relación con la velocidad del enlace de acceso.

Los *bytes* generados por la sesión FTP siguen una distribución \log_2 normal con $\mu = \log_2(32768) = 15$ y una desviación estándar $\sigma = \log_2(16) = 4$, estos valores corresponden a las medias geométricas. La media de la distribución \log_2 normal podría ser calculada con la siguiente ecuación:

$$E(X) = 2^\mu 2^{\frac{\sigma^2 \log_e 2}{2}} = 1.5 \text{ MBytes}$$

4.1.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MODELOS DE TRÁFICO

Como se pudo observar en la sección anterior, existen varias caracterizaciones correspondientes a los distintos tipos de tráfico que existen en Internet, tales como Navegación Web, Correo Electrónico, Servicios Remotos Interactivos, etc. De todos los modelos expuestos, aquellos que imitan el comportamiento de usuarios y servidores Web son los que más nos interesan para la simulación de red propuesta, ya que se pretende simular una red cursada por tráfico de Internet, y éste está formado casi en su totalidad por información HTTP usada por usuarios y servidores al navegar en la Web (peticiones y descargas de páginas Web).

Es decir que el tráfico de Internet queda casi completamente caracterizado al tomar como referencia un modelo de navegación Web, ya que el tráfico

generado por esta aplicación es el más representativo y común dentro de la Internet, tal como se pudo ver en los datos de uso de internet del país.

Si bien es cierto el Internet es más que solo tráfico Web, por efectos de simplicidad y dado que la mayor parte del uso de internet se caracteriza de esta manera, se simulará el comportamiento de la navegación Web para imitar una red de acceso a Internet.

Es así que para la caracterización del tráfico de usuario de Internet dentro del entorno de simulación de red, se escogerá el Modelo WWW para redes inalámbricas (Único usuario) expuesto en la sección 4.1.3.5.

Se ha decidido tomar como referencia este modelo ya que en él son contemplados muchos eventos que incluyen tráfico Web.

4.1.5 ESCENARIO DE SIMULACIÓN

El escenario escogido para la simulación de la red propuesta está contemplado por el proyecto IBIS. La velocidad de generación de sesiones para la aplicación del escenario estará provista con el fin de ayudar a la definición de las políticas de recursos del RCST.

Existen diferentes escenarios de simulación propuestos en IBIS, tales como escenarios Residenciales, Universitarios, PYMEs, Corporativos, entre otros, el escenario de simulación escogido será el Residencial, el cual será descrito a continuación.

El escenario Residencial hace referencia a un sitio provisto de un terminal RCST, al cual están conectados 30 posibles usuarios del servicio de Internet, con los cuales se podrán definir dos períodos de tiempo, donde el número promedio de sesiones se puede observar en la tabla 15.

| Aplicación | 08:00 – 17:00 | | 17:00 – 24:00 | |
|-------------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | # de sesiones | Desviación | # de sesiones | Desviación |
| | promedio | Estándar | promedio | Estándar |
| 1.1.1 Web Surfing | 1.2 | 0.6 | 3 | 3 |

Tabla 15. Número de sesiones promedio para *Web Surfing*.

El número de sesiones promedio provistas en este escenario, serán consideradas como sesiones simultáneas durante una hora pico, en otras palabras, este valor corresponde a la intensidad de tráfico de sesión.

4.1.5.1 NAVEGACIÓN WEB (*WEB SURFING*)

El siguiente análisis de tráfico está basado en el modelo de tráfico web presentado en la sección 4.1.3.1, aplicado al escenario residencial.

De 08:00 a 17:00: El número de sesiones está normalmente distribuido con una media $\mu=1.2$ y una desviación estándar $\sigma=0.6$. El número de sesiones en el pico de 95% de la distribución normal acumulativa con estos parámetros es de 2.2 sesiones.

De 17:00 a 24:00: El número de sesiones está normalmente distribuido con una media $\mu=3$ y una desviación estándar $\sigma=3$. El número de sesiones en el pico de 95% de la distribución normal acumulativa con estos parámetros es de 7.9 sesiones.

Velocidad de generación de sesión: Para calcular la velocidad de velocidad de sesión se utilizará la ecuación siguiente:

$$\lambda_{ws} = \frac{\text{Intensidad de Tráfico TI}}{\text{Duración Promedio de Sesión } T_s}$$

El número promedio de sesiones de *web surfing* será considerado como el número de sesiones abiertas simultáneas durante la hora pico (promedio y pico).

La duración promedio de la sesión web será calculada como el producto del tiempo promedio de lectura del usuario V_{www} con el número promedio de

páginas *web* descargadas por sesión X_{www} . De aquí, se calculará la duración de sesión promedio usando la siguiente ecuación:

$$\text{Duración Prom.Ses.} = X_{www} V_{www}$$

$$\text{Duración Prom.Ses.} = 25(\text{pág}) \cdot 39.5(s)$$

$$\text{Duración Prom.Ses.} = 987(s)$$

La tabla 16, muestra la velocidad de generación de sesión para un número promedio y pico de sesiones.

| Duración de sesión [minutos] | 08:00 – 17:00 | | 17:00 – 24:00 | |
|---------------------------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | Intensidad de Tráfico [# de sesiones] | λ_{ws} [s/minuto] | Intensidad de Tráfico [# de sesiones] | λ_{ws} [s/minuto] |
| 16 | 1.2 | 0.08 | 3 | 0.19 |
| 16 | 2.2 | 0.14 | 7.9 | 0.49 |

Tabla 16. Velocidad de generación de sesión para un número promedio y pico de sesiones.

4.2 SIMULACIÓN DE LA RED PROPUESTA.

4.2.1 Creación de modelo de simulación mediante NS

4.2.1.1 Arquitectura de Red Propuesta y Consideraciones

El modelo propuesto de simulación de Red VSAT Full-Duplex para acceso a Internet está basada en ciertas consideraciones propuestas por las redes ICMSN (Interactive Channel Multimedia Satellite Network), esta arquitectura servirá como base para el modelo de simulación y se presentarán aspectos básicos de diseño.

También se describirá el modelo de simulación para la evaluación de la red para acceso a Internet, y se describirá la implantación del modelo de red en la herramienta de simulación escogida (Network Simulator).

Se pretende simular una red interactiva para acceso a Internet usando la plataforma DVB-S/RCS, hay que tener en cuenta el modelo de referencia descrito en la norma ETSI EN 301 790, sobre el cual se realizará la propuesta de arquitectura de red a implementarse en el simulador.

Una red completamente interactiva por satélite cuenta con los siguientes elementos:

- Centro de Control de la Red NCC (*Network Control Center*). El NCC realiza las funciones de monitorización y control. Genera las señales de control y sincronización para la operación de la red interactiva y envía esta información a través de una o varias cabeceras de difusión DVB-S.

Una red interactiva está definida por un grupo de terminales a los que da servicio un único NCC.

- Pasarela de Tráfico (*Gateways*). Una pasarela recibe las señales de retorno de las RCST; ofrece funciones de manejo de las suscripciones, servicios interactivos o conexiones a proveedores de servicios públicos, propietarios o privados (bases de datos, *pay-per-view*, juegos interactivos, etc.) y a diferentes redes (Internet, RDSI, RTC, etc.).
- Alimentador DVB-S, cabecera de difusión (*Feeder Stations*). Un alimentador transmite el canal de difusión siguiendo la norma DVB-S. En este canal se encuentran multiplexados los datos de usuario junto con la información de señalización del NCC.
- Estaciones interactivas RCST. Terminales satelitales interactivos a través de canales ascendentes de formato DVB-RCS.

El modelo de referencia plantea que las funciones de estos tres elementos pueden estar distribuidas y desempeñadas por estaciones distintas, aunque en la práctica las realiza una única estación o hub central, como es el caso de las redes ICMSN.

Otro aspecto interesante a tener en cuenta en la propuesta de red interactiva, es la posibilidad de utilizar satélites distintos para el canal de difusión DVB-S y retorno DVB-RCS. Esta situación permite por ejemplo la cooperación entre satélites de banda Ku, para el canal de difusión DVB-S, con satélites de banda Ka para el canal de retorno DVB-RCS.

Consideraciones de la red propuesta

Para la definición de la propuesta para la implantación de la red DVB-S/RCS, se tiene:

Único NCC para toda la red: Se utilizará una única estación de control de la red NCC para toda la red DVB-S/RCS.

Múltiples alimentadores y pasarelas DVB: En la norma RCS se indica que en una red interactiva puede existir más de un alimentador DVB-S y que éstos se encuentren en localidades diferentes, por lo que necesariamente utilizarán canales de difusión DVB-S individuales. Para la red DVB-S/RCS, no se considerarán los alimentadores y pasarelas, ya ésta trabaja con un satélite transparente y módulos DVB-S y DVB-RCS.

Único Satélite GEO: En el modelo de referencia RCS, se tiene la posibilidad de usar satélites independientes para los canales de difusión y retorno, lo que permite reutilizar aquellos que trabajan en la banda Ku para la difusión DVB-S.

La mayor parte de los sistemas satelitales de banda ancha actualmente en funcionamiento y propuestos para el futuro, se basan en satélites transparentes GEO. Por esta razón, en el modelo de red se utilizará un único satélite GEO transparente a efectos de contar con una mayor sencillez en la definición de la arquitectura. Esta decisión se encuentra también respaldada por varios de los nuevos sistemas satelitales interactivos basados en el estándar RCS, que utilizan un único satélite para la provisión de servicios multimedia.

Arquitectura específica de la red propuesta

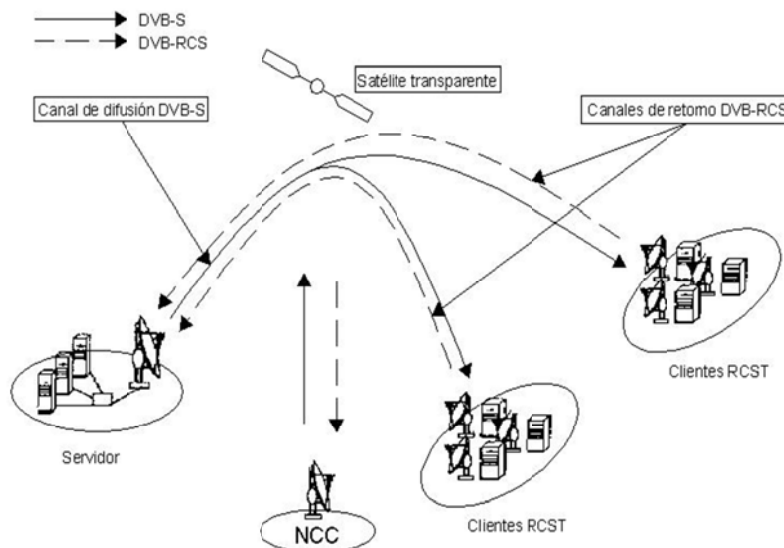


Figura 29. Esquema general de la arquitectura de red.

La arquitectura de red propuesta se desarrolla principalmente teniendo en cuenta la característica del satélite a utilizar. Como ya se indicó anteriormente, esta arquitectura utilizará satélites GEO transparentes o BPS (*Bent Pipe Satellite*); más específicamente el satélite no realizará ningún tipo de remultiplexación MPEG2 a bordo.

El servidor empleará portadoras independientes DVB-S y las estaciones remotas corresponden a estaciones RCST con canales de retorno DVB-RCS. El esquema general de la arquitectura se muestra en la figura 29.

Las funciones de control y manejo de la asignación de recursos (DVB-RCS y DVB-S) estarán a cargo del NCC. Tanto el servidor como los clientes se convierten en clientes RCST del NCC para el intercambio de información de señalización, que consiste básicamente en peticiones de recursos, establecimiento de conexiones, control de entrada de las estaciones a la red y las funciones de mantenimiento de sincronización.

El servidor por tanto no asigna recursos de retorno RCS a sus clientes. Las RCSTs envían sus peticiones de capacidad de forma directa al NCC, con la excepción de las peticiones embebidas en ranuras de tráfico (DULM), para las que el servidor realizará las funciones de relé hasta el

NCC. Para el envío de señalización embebida se utilizará un PID diferente al de datos.

El NCC tendrá asignada una portadora DVB-S exclusiva MO (*Master Outbound*) o TS primario, donde se encuentra multiplexada la información de señalización RCS (SCT, TCT, FCT, TBTP, *unicast/broadcast* TIM, entre otras) por lo que se debe recibir por todas las estaciones RCST, sea el servidor o los clientes.

Al ser el MO un canal DVB-S independiente podría también transportar tráfico de datos junto con el de señalización; por ejemplo, en el caso de que un proveedor de servicios se encuentre ubicado en la misma localidad del NCC, tal como se contempla en las redes ICMSN. En todo caso, el objetivo principal del MO será el transporte de señalización entre los clientes y el NCC.

Como se mencionó anteriormente, el servidor es también un cliente RCST del NCC con la diferencia de que cuenta con una portadora de transmisión DVB-S independiente (LSO, *Local Server Outbound*), con la que da servicio a su población de clientes RCST, y además le es asignado un conjunto de portadoras RCS, sobre las que se construirán los canales de retorno de los clientes RCST que acceden al servidor. Por tanto, el servidor únicamente recibirá ráfagas de tráfico TRF desde sus clientes RCST.

Debido a que la información de señalización de los clientes puede enviarse a través del método DULM, lo que implica que el servidor retransmitirá por su LSO esta información a fin de que la reciba el centro de control de la red, el NCC contará con un receptor DVB-S destinado para recibir este tipo de tráfico.

La información de señalización enviada por los clientes utilizará identificadores de paquetes PID previamente definidos por el operador de la red, facilitando el filtrado de los mismos por parte del servidor y el NCC. Esta característica no añade demasiada complejidad ni coste al NCC teniendo en cuenta que este tipo de receptores son de consumo masivo y de bajo precio.

Los clientes RCST reciben el MO y el LSO en portadoras DVB-S independientes, por lo que deberán entonces contar con al menos dos receptores DVB-S, además de un modulador DVB-RCS para el canal de retorno. Esta característica de tener más de un receptor satelital DVB-S está contemplada en el estándar RCS, donde el número de receptores con los que cuenta un terminal se indica en la tabla de capacidades que la RCST envía al NCC durante el proceso de entrada al sistema en las ráfagas CSC.

El servidor, a pesar de que es una estación RCST, posee adicionalmente un modulador DVB-S y un demodulador DVB-RCS para la recepción de las ráfagas de tráfico que el NCC le ha asignado.

Aspectos generales del diseño de la red propuesta

Considerando la funcionalidad y requisitos de la red, se han tomado las siguientes definiciones en cuanto al diseño de la misma.

Tipo de estación RCST

Las estaciones que utilizan el canal de retorno DVB se las conoce dentro de la norma RCS como terminales satelitales con canal de retorno o RCST (*Return Channel Satellite Terminal*); en el plano comercial se las denomina también como terminales satelitales interactivos SIT (*Satellite Interactive Terminal*).

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo típico de categorización de los terminales RCST en función de su tamaño, potencia y capacidad de transmisión.

| Tipo | Tamaño de antena | Velocidad de transmisión | Potencia | Velocidad de recepción (DVB MPEG2) |
|---------|------------------|--------------------------|----------|------------------------------------|
| SIT I | 60 cm | 150 kbps | 0.5 W | 38 Mbps |
| SIT II | 90 cm | 385 kbps | 1.0 W | 38 Mbps |
| SIT III | 120 cm | 2048 kbps | 2.0 W | 38 Mbps |

Tabla 17. Tipos de terminales interactivos por satélite. [5]

Las RCSTs son también consideradas como estaciones VSAT dadas sus características de tamaño, precio, facilidad de instalación y de cálculo de enlace (*link budget*), por lo que una estrella satelital con estaciones RCST será también una estrella VSAT.

Además de la clasificación de acuerdo a las características físicas de las RCSTs, éstas pueden agruparse de acuerdo al servicio y funcionalidad que ofrecen. De tal forma, y según se indica en el estándar RCS, existen los siguientes tipos de terminales interactivos:

- RCST Tipo A (modo ATM). Soporta servicios IP y utiliza celdas ATM con el nivel de adaptación AAL5 para las funciones de segmentación y re ensamblado (SAR). Las celdas ATM corresponderán a ráfagas MF-TDMA y se utilizan tanto para tráfico de datos (ráfagas TRF) como de señalización (ráfagas CSC, SYNC y ACQ). Las celdas ATM seguirán el formato de celdas UNI. Se utiliza el campo PT de la cabecera ATM para distinguir entre el tráfico de usuario y el de señalización.
- RCST Tipo A (modo MPEG). Existe un modo opcional de operación para las estaciones RCST del tipo A, que es el MPEG. El encapsulamiento multiprotocolo MPE (*Multiprotocol Encapsulation*) de DVB provee las funciones de segmentación y re ensamblado de IP usando paquetes

MPEG2 como contenedores. Al igual que en el caso anterior, los paquetes MPEG2 corresponderán a ráfagas MF-TDMA que se utilizan para el tráfico de datos y de señalización. La estación utiliza PIDs diferentes para distinguir entre el tráfico de usuario del tráfico de control.

- RCST Tipo B (ATM Nativo). Este tipo de terminales deberá ser capaz de operar como una RCST tipo A y también tener la capacidad de soportar protocolos nativos de ATM mediante el encapsulamiento de celdas ATM tanto en el canal de retorno como en el DVB-S de difusión; es decir, serán capaces de soportar circuitos virtuales permanentes y conmutados en ambas direcciones y no solamente en el canal de retorno, como en el caso de la estación RCST tipo A.

Por lo que considerando la arquitectura propuesta para la implantación de la red para acceso a Internet, se empleará terminales RCST del tipo A y que utilizan paquetes MPEG-2 como contenedores de tráfico (modo MPEG). Con este modo de operación se evita realizar una conversión de protocolo y re-encapsulado a bordo del satélite ya que en cualquier situación el enlace descendente tendrá el formato DVB-S.

Se utilizará paquetes MPEG-2 en lugar de celdas ATM resulta más conveniente en cuanto a la sobrecarga introducida por las cabeceras de este último. Por ejemplo, en la transmisión de un datagrama IP de longitud de 512 bytes, para el caso de ATM/AAL5 (8 bytes adicionales de

sobrecarga por datagrama) se requieren 11 celdas ATM, lo que equivale a una eficiencia del 87.8%. Para el caso de MPEG-2, utilizando el encapsulado MPE (16 bytes de sobrecarga por sección MPE) se necesitan 3 paquetes MPEG y una única sección MPE, lo que equivale a una eficiencia del 95%.

En la tabla se muestra una comparación de la eficiencia entre ATM y MPEG2 para diferentes tamaños de datagramas IP.

| Tamaño del datagrama IP | No. Celdas ATM | No. Paquetes MPEG2 | No. Secciones MPE por paquete MPEG2 | Eficiencia de ATM/AAL5 | Eficiencia de MPEG2/MPE |
|-------------------------|----------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 32 | 1 | 1 | 3.83 | 60.4% | 65.2% |
| 48 | 2 | 1 | 2.88 | 45.3% | 72.8% |
| 64 | 2 | 1 | 2.30 | 60.4% | 78.3% |
| 20 | 2 | 1 | 1.91 | 75.5% | 81.2% |
| 128 | 3 | 1 | 1.28 | 80.5% | 87.0% |
| 256 | 6 | 2 | 1.35 | 80.5% | 92.1% |
| 512 | 11 | 3 | 1.05 | 87.8% | 94.9% |
| 1024 | 22 | 6 | 1.06 | 87.8% | 96.4% |

Tabla 18. Comparación de eficiencia entre MPEG2/MPE y ATM/AAL5.

No existen solamente ventajas al utilizar los terminales RCST con funcionalidad MPEG2, sino que esta elección implica también otros aspectos a tener en cuenta como por ejemplo, problemas relacionados con

la asignación del limitado número de identificadores de paquetes PIDs, aproximadamente 8192 identificadores (13 bits de la cabecera MPEG-2), entre todas las terminales clientes RCST de las que, en una red real, habría un gran número.

NCC o *hub* central

Se ha mencionado que las redes interactivas por satélite basadas en la tecnología DVB cuentan con un centro de control de red denominado NCC, o llamado también *hub* central en la ICMSN. Para la arquitectura de red propuesta, el NCC será único.

El esquema a ser utilizado para la red de acceso a Internet es el que se muestra en la figura siguiente:

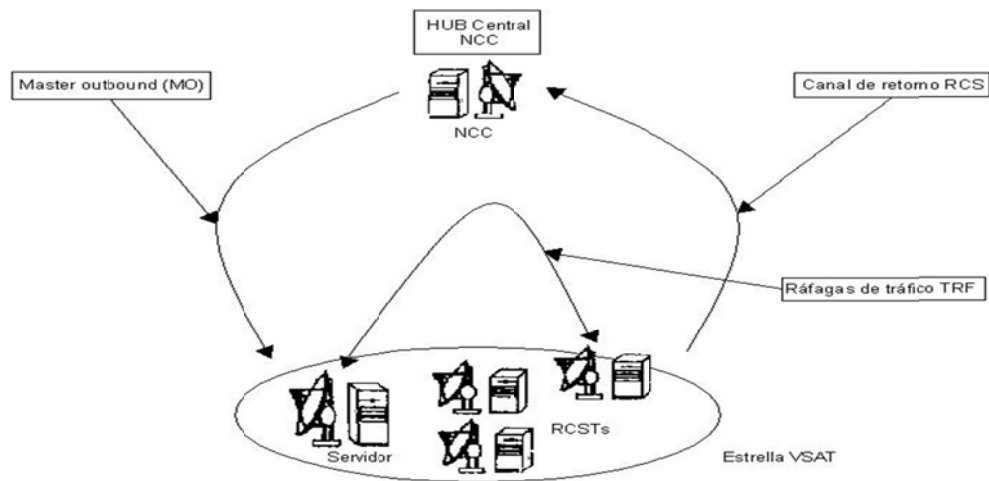


Figura 30. Esquema de la red satelital para acceso a Internet.

Todos los nodos de la red, clientes y servidor, forman una red satelital en estrella con el NCC, donde básicamente se intercambia información de señalización que tiene que ver con peticiones de recursos RCS, entrada de las estaciones a la red, establecimiento de conexiones y de mantenimiento de la sincronización.

Puede observarse en la figura la presencia del canal de difusión del NCC, denominado MO o TS primario, sobre el que se multiplexa la información de señalización hacia los clientes, por lo que todas las estaciones RCST incluido el servidor deben recibirlo. La información de retorno se construye sobre los canales de señalización RCS (ráfagas SYNC, CSC y ACQ), las ráfagas de tráfico de datos (TRF) se enviarán al servidor.

Organización del recurso satelital

El NCC realizará la asignación de recursos RCS a los clientes RCST, de acuerdo a la disponibilidad de recursos de la supertrama que corresponde al servidor con el que los clientes establecerán una comunicación, teniendo en cuenta además el tipo de estación y configuración de portadoras a las que tienen acceso. La asignación de recursos hecha por el NCC se da a conocer a través del plan de ráfagas TBTP difundido a través del MO.

La norma del canal de retorno DVB-RCS establece que la asignación de ráfagas de tráfico (TRF) a cada estación RCST se realiza de forma exclusiva, la única forma de contienda se da en el canal común de señalización CSC (utilizado para el acceso de la estación al sistema durante el TLP) y cuando se implanta el método de peticiones de recurso mediante mini-ranuras en contienda (CSYNC).

El recurso satelital está conformado por un canal *outbound* asignado de forma exclusiva al servidor para la comunicación con sus clientes o RCSTs. En cuanto a los canales de retorno (enlaces *inbound*) se construirán sobre la supertrama asignada al servidor por el NCC.

En la arquitectura de red, donde el servidor cuenta con receptores DVB-RCS, solamente se cursarán ráfagas de tráfico RCS (ráfagas TRF). Las ráfagas de señalización (CSC, SYNC y ACQ) formarán parte únicamente de la supertrama que tiene asignado el NCC para este efecto y que es accesible a todas las estaciones de la red. Cabe anotar que es posible que los clientes envíen información de señalización embebida en las ráfagas de tráfico (método DULM), por lo que el servidor deberá re difundir estos paquetes por su *outbound* local (LSO) a fin de que el NCC reciba esta información.

Todos los clientes y el servidor se encuentran sincronizados con una única multitrama MF-TDMA, que como se ha dicho anteriormente, es

controlada por el NCC. Esta sincronización global es posible debido a que el sistema utiliza un único satélite GEO para el canal de retorno y de difusión.

Direccionamiento

En el canal de difusión DVB-S, las RCSTs se identifican de forma única por su dirección física (MAC) y su dirección lógica (Group ID + Logon ID), esta última asignada por el NCC durante el proceso de entrada de la estación a la red (TLP).

La dirección MAC RCS se utilizará dentro de las ráfagas CSC y las secciones DSM-CC llevadas por los mensajes TIM; así mismo, se utilizará también en las secciones del encapsulamiento multiprotocolo MPE para el transporte de datagramas IP sobre MPEG-2.

La dirección lógica sirve para referenciar a la estación en los mensajes de señalización y mientras ésta permanezca activa.

El identificador Group_ID (campo de 8 bits) corresponde a un grupo de RCSTs que han ingresado al sistema. El identificador Logon_ID (campo de 16 bits) identifica la RCST dentro del grupo definido por el Group_ID.

Determinación del estado de las RCST

Los procedimientos de entrada y de mantenimiento de sincronización que realizan las RCSTs, permiten al NCC conocer en todo momento la ubicación de un determinado cliente RCST y su estado actual (detenido, inactivo, en espera, sincronizado, en proceso de sincronización).

Al conocer el NCC la posición exacta de una RCST, el problema causado por el desplazamiento del reloj de referencia (*Doppler Shift Error*¹) debido al movimiento del satélite, es resuelto por el mismo NCC, reduciendo de esta forma el costo de las RCSTs.

Por otra parte, cabe señalar que la norma DVB-RCS deja abierta la posibilidad de que el mantenimiento de la sincronización de los clientes no sea periódico, sino que obedezca a un requerimiento en concreto del NCC. La desventaja del mantenimiento periódico de sincronización se encuentra en la asignación exclusiva de recursos RCS a cada RCST (ráfagas SYNC) aunque existe la posibilidad de realizar ajustes en la periodicidad de las ráfagas e incluso éstas podrían asignarse en contienda (CSYNC).

Por otro lado, si el mantenimiento de sincronización no es periódico, los clientes podrían aparecer como registrados pero no estar activos, es decir, no tienen establecida ninguna conexión en ese momento. Por esta razón,

¹ La desviación DSE depende de la velocidad y posición actual del satélite, y de la posición de las RCSTs.

sería necesario verificar su estado antes de establecer una conexión a través de una petición de sincronización mediante un mensaje *unicast*.

Añadido a este inconveniente, está el hecho de que la estación podría tener que realizar nuevamente el proceso de sincronización y de control de potencia antes de enviar una ráfaga de tráfico, en el caso de que el NCC detecte problemas en sus transmisiones. Esta situación se hubiera ido corrigiendo de forma continua en el caso de una asignación periódica de las ráfagas SYNC.

Si un cliente se ha mantenido inactivo por un período de tiempo extenso, necesitará realizar nuevamente el TLP y adquirir los identificadores de entrada y de grupo. La petición de entrada al sistema del NCC al cliente RCST se realiza a través de un mensaje *unicast* TIM (mensaje *Wake up*). De esta forma, el proceso de localización tendría que complementarse con el de verificación del estado de la RCST o incluso con una petición de reentrada al sistema.

La petición de estado a la RCST antes de establecer una conexión involucra al menos dos saltos satelitales, lo que equivaldría a un servicio de conexión confirmado. El proceso de mantenimiento de sincronización periódico, permite un mejor control del estado de todas las estaciones RCST y tomando en consideración que las conexiones deben realizarse con el menor retardo de propagación posible, es una alternativa aceptable.

Asignación de los identificadores de paquetes PID

Para el tráfico de datos entre cliente y servidor o viceversa, el transporte de datos se realiza sobre paquetes de transporte MPEG-2 que se identifican mediante un PID, que debido a su limitado número (13 bits de la cabecera del paquete MPEG2) hace necesario establecer un mecanismo de asignación, en el caso de que la red esté prevista a soportar un gran número de clientes RCSTs.

La red contará con al menos cuatro identificadores de paquetes (PIDs) independientes, dos de los cuales representan el canal de difusión y retorno para el tráfico de datos, y los dos restantes identifican el canal de difusión y retorno para el envío de señalización. Nótese que los clientes utilizarán el PID de señalización para enviar peticiones de recursos embebidas en ráfagas de tráfico previamente asignadas (método DULM).

El servidor recibirá del NCC la asignación de los PIDs que le corresponden para la identificación de sus canales de difusión y retorno al momento de su entrada a la red. Los PIDs pueden ser reservados previamente durante el establecimiento del contrato con el proveedor del servicio satelital. De la misma forma que el servidor, y una vez completado el TLP, los clientes

RCST recibirán del NCC la información de los PIDs que deben utilizar, a través de las tablas PAT.

En el sentido NCC → RCST la norma RCS establece los PIDs que se utilizarán para la transmisión de la información de señalización RCS (PMT, PAT, SCT, FCT, TCT, TIM). En el descriptor de inicialización que el NCC envía a la RCST durante el TLP, se indica a las estaciones RCST el PID a utilizar para el envío de información de señalización y control en el sentido RCST → NCC.

Asignación de recursos

Cuando un nodo arranca, no tiene recursos de tráfico asignados sino que se convierte en cliente RCST del NCC antes de poder realizar una petición de recursos. El nodo deberá por tanto completar el procedimiento de entrada (TLP) y luego recibir la asignación de ráfagas SYNC para el mantenimiento de sincronización. La asignación de ráfagas de sincronización puede ser periódica u obedecer a una petición de sincronización explícita del NCC.

Aquí se definirán cómo se da la asignación de recursos de los clientes y el servidor una vez que ya han completado el TLP y son clientes RCST del NCC. Además, se mostrará la asignación dinámica de recursos a las estaciones RCST.

Asignación inicial de recursos del servidor

El servidor es la única estación que al momento de su entrada al sistema solicita un canal de difusión (*outbound* DVB-S) y una supertrama RCS para los canales de retorno de los clientes (*inbounds*), la asignación de recursos de la supertrama del servidor se encuentra bajo el control del NCC, que podrá automáticamente liberar o asignar recursos RCS en función de la demanda de los clientes RCST de toda la red.

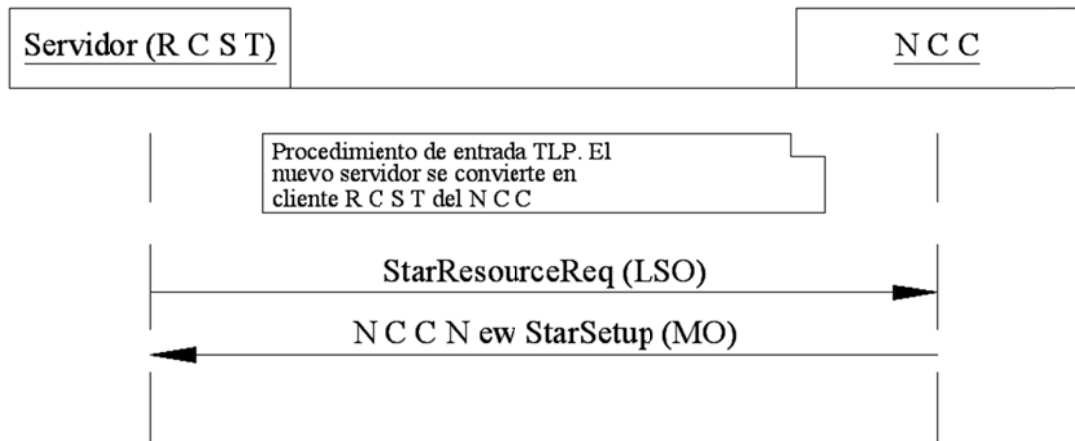


Figura 31. Adquisición inicial de recursos del servidor.

En el diagrama de la figura 31 se muestra el procedimiento que realiza el servidor para solicitar los recursos iniciales, el servidor utiliza la PDU *StarResourceReq* para realizar su primera petición de recursos de difusión y retorno. En esta PDU el servidor enviará la información de los PIDs que ha

de utilizar para transmisión y recepción (señalización y datos), además del ancho de banda solicitado en ambas direcciones.

El NCC responde a la petición de recursos a través de la PDU *NCCNewStarSetup* que sirve a su vez de asentimiento de la petición del servidor. Básicamente la respuesta del NCC incluye los descriptores del canal de difusión (DVB-S) y de la supertrama (*Superframe_Id*). La no recepción de esta PDU, determinaría la retransmisión de la solicitud de recursos hecha por el servidor.

Asignación Dinámica De Recursos A Las Estaciones RCST

Al momento de la entrada de las estaciones RCST a la red, no se les asignará recursos de transmisión, las peticiones de recursos se realizarán de manera exclusiva como respuesta a una primitiva que se transforma en un mensaje de acceso al medio MAC, enviado al NCC a través de cualquiera de los métodos especificados en la norma DVB-RCS (DULM, SYNC o CSYNC).

Para el envío de peticiones de recursos a través de ráfagas SYNC (mini-ranuras de sincronización o de acceso en contienda) se utiliza el campo SAC (*Satellite Access Control*). Para las peticiones embebidas en ráfagas de tráfico (DULM) se utilizará el elemento de información de Petición de Capacidad sobre un paquete MPEG definido por la norma RCS.

Una vez recibida la petición por parte del NCC, éste envía la correspondiente asignación de recursos a través del plan de asignación de ráfagas por terminal TBTP. La asignación de recursos hecha a un cliente RCST debe también informarse al servidor por lo que se emplea la misma difusión del TBTP para este propósito.

El servidor mediante la monitorización del plan de ráfagas podrá conocer los recursos RCS asignados de su supertrama y la dirección lógica de los clientes que tienen acceso a ella. Es necesaria esta información con el fin de configurar su receptor MF-TDMA.

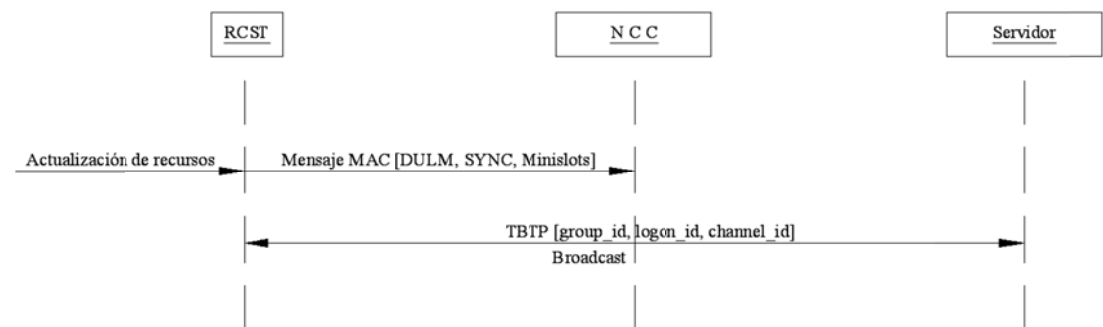


Figura 32. Petición de recursos DVB-RCS por parte de las RCSTs.

Si el NCC no dispone de los recursos suficientes para atender la petición de una estación RCST, el TBTP no será actualizado con la petición de recursos solicitada por la estación RCST. De esta forma el rechazo o la aceptación de la petición por parte del NCC se encuentran implícitos en la difusión del plan de ráfagas TBTP. El criterio es suponer que si en el siguiente TBTP

recibido después de un RTT satélite no hay asignación de recursos, la petición ha sido rechazada.

Cabe señalar que la norma DVB-RCS, especifica la utilización de diferentes *channel_id* para diferenciar entre distintos tipos de tráfico, sin embargo, para esta simulación, sólo se contempla la existencia de un tipo de tráfico (*Best Effort*), el cual corresponde a un *channel_id* determinado.

Control De Conexión

Aquí se realizará una descripción del establecimiento de conexión de la red interactiva. La conexión que ofrece el sistema es del tipo punto a punto P-P. Previo a la descripción, solamente se debe indicar que los clientes antes de realizar una petición de conexión al NCC, deberán haber completado el procedimiento RCS de entrada a la red interactiva (TLP).

Establecimiento de conexión entre cliente y servidor

Una vez generada la petición de conexión del cliente, el proceso de establecimiento está a cargo del NCC. El diagrama para el establecimiento de la conexión entre un cliente y el servidor, se muestra en la figura 33:

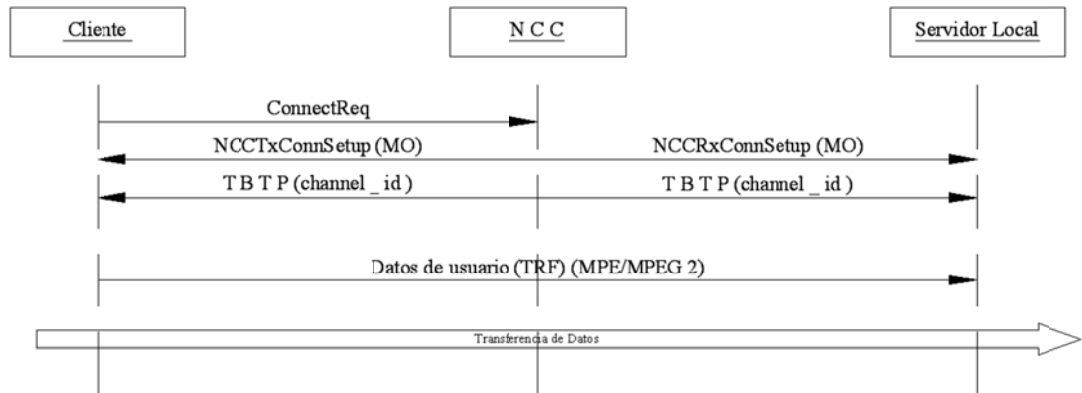


Figura 33. Conexión cliente – servidor

Se observa como primera unidad de datos involucrada, la petición de conexión que realiza la RCST mediante la PDU *ConnectReq*, con indicación de la dirección IP de la RCST destino y la dirección lógica de la estación origen.

El NCC envía la confirmación de la conexión a la RCST a través de la PDU *NCCTxConnSetup*, donde se indicará básicamente el PID de transmisión, los identificadores de canal y de grupo asociados a la conexión; además, envía la indicación de conexión al servidor a través de la PDU *NCCRxConnSetup*.

La fase de transferencia de datos del cliente puede comenzar inmediatamente después de recibida la asignación de recursos del NCC mediante el TBTP. Como ya se ha dicho anteriormente, se utilizará el encapsulamiento multiprotocolo MPE/MPEG para el envío de tráfico de datos.

4.2.2 SIMULACIÓN DE LA RED PROPUESTA

Una vez que se ha realizado la descripción de los aspectos generales y específicos de diseño de la arquitectura de red y habiendo definido el modelo de simulación se procederá a realizar la evaluación de prestaciones de la red mediante al análisis de los resultados obtenidos tras la consecución de varias simulaciones mediante el NS.

Se analizará el rendimiento de la arquitectura para el escenario de simulación establecido obteniendo estadísticas de throughput, retardo de paquetes, etc. para poder denotar una tendencia en el comportamiento de la red.

Se comparará resultados variando el número de RCST para de este modo validar comportamientos de retardos, throughput, etc. Y con estos resultados validar la factibilidad de la solución de acceso a internet propuesta.

4.2.2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Del Escenario

El escenario de simulación escogido está basado en un escenario del “Tipo Residencial” en el que se ha considerado como referencia a un sitio con 30 usuarios de Internet domésticos, el que será evaluado a través de las simulaciones en NS.

El modelo de tráfico adoptado para la simulación responde al “Modelo WWW para redes inalámbricas” descrito anteriormente, es decir tras cada RCST presente en las simulaciones del escenario planteado, existen 30 usuarios Web cuya generación de tráfico está definida por el modelo mencionado anteriormente.

También se ha definido que se simulará la red en las condiciones de mayor carga de tráfico, es decir donde las cargas de los usuarios están de acuerdo a la segunda franja horaria (de mayor carga de tráfico que la primera), durante la hora pico.

| Franja Horaria de mayor carga de tráfico | | | |
|---|-------------------------------------|--|---|
| 17:00 – 24:00 | | | |
| Descripción | Duración de sesión [minutos] | Intensidad de Tráfico [# de sesiones] | λ_{ws} [ses/minuto] |
| Fuera de hora pico | 16 | 3 | 0.19 |
| Dentro de hora pico | 16 | 7.9 | 0.49 |

Tabla 19. Parámetros de tráfico para el escenario residencial (17:00 – 24:00).

De la topología de red

En la figura 34 se puede observar un esquema de la topología de la red de acceso a Internet en la cual básicamente se tiene como elementos de red a un ISP, una o varias estaciones RCST, el centro de control de la red NCC y el satélite transparente.

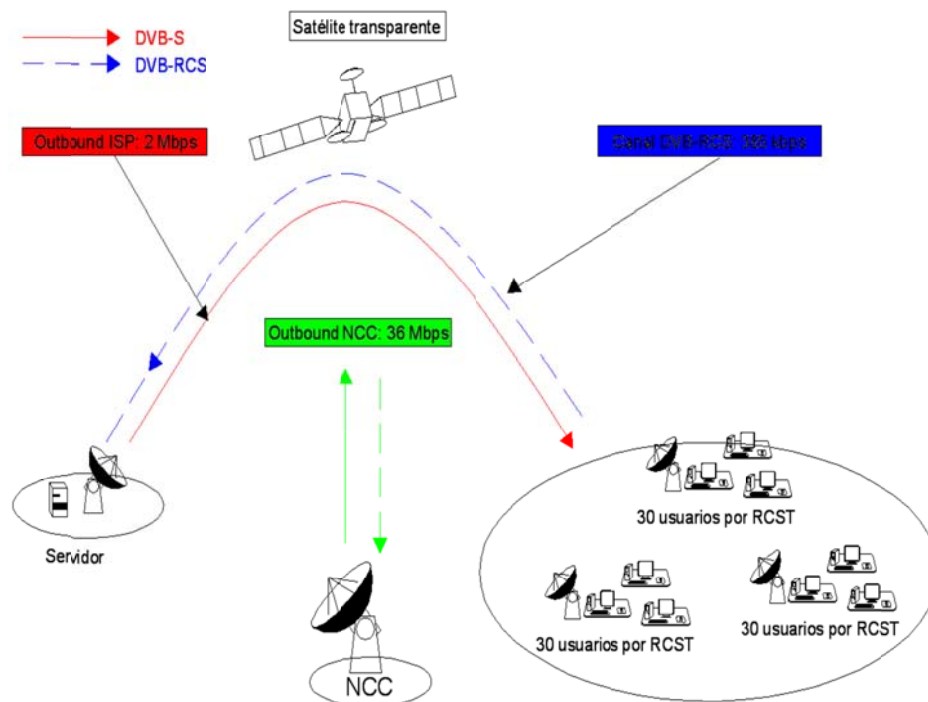


Figura 34. Topología básica de la Red para Acceso a Internet DVB-S/RCS.

La estación RCST escogida es del tipo SIT II o también conocida como RCST estándar Tipo A, cuya capacidad máxima de transmisión es de 385 kbps y de recepción 38 Mbps.

En cuanto al servidor, se trata de una estación RCST similar a la anterior, pero que además cuenta con un modulador DVB-S capaz de manejar una portadora de 2 Mbps, mediante la cual brinda servicios de ISP a sus clientes.

Se ha considerado que el valor de 2 Mbps para el Outbound del ISP con el fin de analizar la factibilidad de la implementación del sistema con un ISP básico y pequeño el cual puede requerir de un E1 (2,048 Mbps) para dar servicios a una población de clientes relativamente pequeña.

El NCC manejará una portadora de Outbound de 36 Mbps (utilizando por ejemplo un transpondedor analógico de 36 MHz, modulación 4-QPSK con Reed-Solomon y la convolución de Viterbi, tal y como lo sugiere el reporte técnico ETSI EN 101 202), suficiente como para manejar una red de proporciones grandes.

Del Simulador

Como ya es de conocimiento, para la ejecución de las simulaciones se ha establecido la utilización del paquete de simulación LBNL NS Network Simulator, desarrollado bajo el proyecto VINT, mediante colaboración entre

UC Berkeley, LBL, USC/ISI y Xerox PARC.

La versión del simulador con la cual se ha trabajado, es la NS-2.1b6 que incluye librerías que permiten simular el comportamiento de una red sobre la plataforma DVB-S/RCS, además de tener ya creados paquetes y programas complementarios para facilitar el uso y toma de resultados

Se ha realizado 2 tipos de simulaciones para validar la factibilidad de la red propuesta, y así obtener los resultados de throughput del RCST, retardos desde el ISP, etc., se ejecutó primero una sola simulación, con y sin asignación dinámica de recursos, con variación del # de RCST y después 3 simulaciones consecutivas, con asignación dinámica de recursos y con variación de # de RCST, todas ellas con una duración de 14000 segundos y bajo el mismo ambiente de simulación, parámetros mostrados en la tabla 20 donde se puede observar varios de los parámetros que han sido establecidos para llevar a cabo las simulaciones, todos los parámetros son configurables, pero para las simulaciones realizadas, han permanecido fijos.

Los resultados obtenidos en una u otra simulación no son los mismos, pero puede establecerse una tendencia en el comportamiento de la red, es por eso que, que en el caso de las simulaciones simultaneas también se obtendrán los datos de desviaciones estándares e intervalos de confianza.

En la tabla 20, el tiempo de simulación ha sido fijado en 14000 segundos, ya que el tiempo transitorio, fue establecido en 3900 s. por lo que los datos válidos y útiles para el análisis de resultados corresponden aproximadamente a un 70% del total de la simulación.

| PARAMETRO | VALOR |
|--|---------------|
| Tiempo de sondeo de las colas | 680 (ms) |
| Tiempo de simulación | 14000 (s) |
| No. de <i>time-slots</i> /trama | 18 (ver Nota) |
| Longitud de Multitrama | 140.622 (ms) |
| Longitud de Trama | 70.311 (ms) |
| No. de Tramas/Multitrama | 2 |
| No. de Portadoras RCS | 2 |
| No. de <i>time-slots</i> de tráfico (TRF) | 17 |
| No. de <i>time-slots</i> de señalización | 1 |
| No. de <i>mini-slots</i> /slot de señalización | 5 |
| No. de <i>mini-slots</i> CSYNC | 3 |
| Período del <i>slot</i> CSYNC | 70.311 (ms) |
| Período del <i>slot</i> CSC | 703.11 (ms) |
| Ancho de Banda <i>Outbound</i> NCC | 36 Mbps |
| Ancho de Banda <i>Outbound</i> ISP | 2 Mbps |
| Ancho de Banda <i>Downlink</i> DVB-RCS | 36 Mbps |
| NOTA: 1 <i>time-slot</i> de tráfico equivale a una velocidad de transmisión RCST estándar de 385 Kbps. | |

Tabla 20. Parámetros de configuración de la red.

El simulador NS permite obtener toda la información proveniente de la actividad de la red simulada, esto es posible gracias a que todos los eventos ocurridos pueden ser escritos en un archivo, o conjunto de archivos,

denominados archivos de trazo (out.tr, graph.txt, etc.), pero también existe la posibilidad de crear otro tipo de archivos con información más específica de la red a través del uso de los distintos “objetos de trazo”, por lo que es posible crear registros con información específica por ejemplo de el retardo de todos los paquetes enviados por el ISP o por un RCST.

Estos archivos al contener información de cada evento ocurrido en la red, pueden llegar a ser sumamente grandes y por tanto sería muy complicado trabajar directamente con ellos para analizar el comportamiento de la red, por lo cual en el simulador usado fueron implementados archivos que permiten procesar los anteriores y así obtener datos de valores promedio, desviaciones estándar e intervalos de confianza.

Por lo tanto con el simulador usado tendremos 3 tipos de archivos de trazo:

- Archivos de trazo generales: aquellos archivos que contienen información general acerca de todos los eventos ocurridos en la red durante la simulación y del instante de tiempo en que ocurrieron, estos son útiles por ejemplo para verificar el correcto intercambio de mensajes entre los componentes de red. En la simulación se crean 3 archivos: out.tr, graph.txt y rcs.out.
 - El out.tr, es donde se escriben todos los eventos ocurridos en la red y el instante en el que sucedieron, con esta información se puede calcular retardos, throughput, etc.
 - El graph.txt, contiene la información de todos los eventos ocurridos en la red, pero en un formato que solo puede ser

leído y procesado por el NAM, el cual puede hacer la representación gráfica de la simulación de la red.

- El rcs.out, no es típico del NS, sino que surgió de la necesidad de comprobar el correcto funcionamiento de los mecanismos de asignación de recursos y control de conexión, por lo que en rcs.out están todos los mensajes de señalización que se dan entre los terminales y el NCC.

• Archivos de trazo específicos: La información presente en este tipo de archivos es producto del procesamiento de ciertos datos específicos obtenidos de las simulaciones a través del uso de los objetos de trazo y de los objetos de monitoreo (monitores de cola y de retardo). Con los objetos de trazo y de monitoreo es posible obtener un registro de todos los eventos sucedidos en un enlace específico, en la simulación se crean 2 tipos que son el de throughput y el de retardo.

- En el de throughput, se tienen el throughput calculado en intervalos de 10 segundos en un enlace determinado de la red, esto ya que la información generada por el monitor de colas es procesada por el programa a.out (programa creado dentro del simulador NS), los resultados obtenidos tras la ejecución de a.out constituyen la información presente en este archivo.

- Archivo de Retardos, aquí se vale de los objetos de trazo presentes en los distintos enlaces de la red para medir el retardo de los paquetes que cursan un enlace determinado
- Archivos de trazo de resultados: aquí es donde se muestran los resultados de procesar los archivos de trazo específicos. Estos están dados en términos de valores promedios, desviaciones estándar e intervalos de confianza, los cuales han sido calculados con la ayuda del programa `throughput.tcl` (programa ya creado en el simulador), de este tipo se crean 3 archivos, así:
 - El primero contiene el promedio, desviación estándar e intervalo de confianza del retardo experimentado por todos los paquetes generados (RCST).
 - El segundo tipo de archivo contiene el promedio, desviación estándar e intervalo de confianza del *throughput* de una estación determinada (ISP).
 - En el tercero se tiene el archivo que guarda los porcentajes de utilización de los distintos métodos de envío de mensajes MAC que tienen a disposición los RCST para realizar peticiones de capacidad.

4.2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.3.1 Primer Escenario de Simulación

En este primer escenario de simulación, las condiciones son:

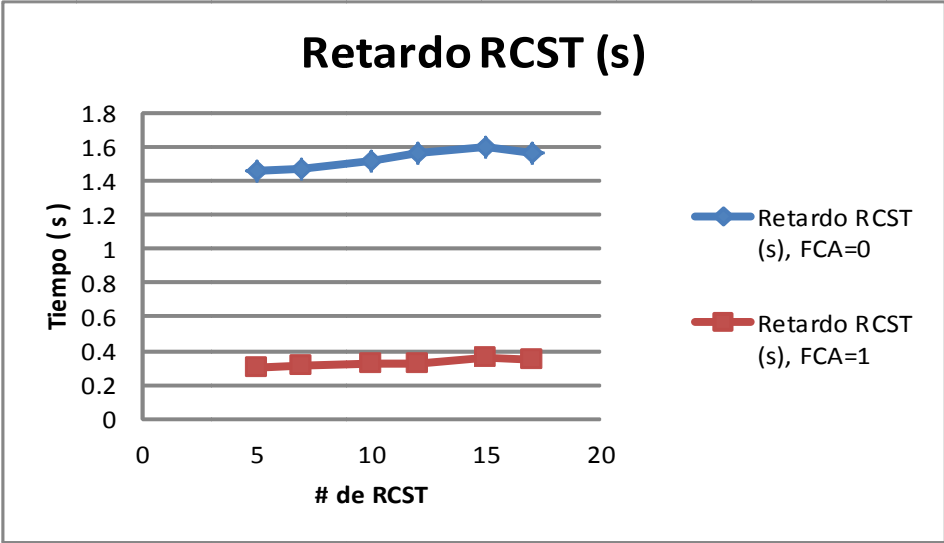
- Parámetros definidos fijos (tabla 20)
- # de RCST variable (5, 7, 10, 12, 15 y 17)
- 1 simulación sin asignación dinámica de recursos (FCA=0)
y otra con asignación dinámica de recursos (FCA=1)

Con estas consideraciones se ha obtenido los siguientes resultados (archivos fuente de los datos anexos al documento):

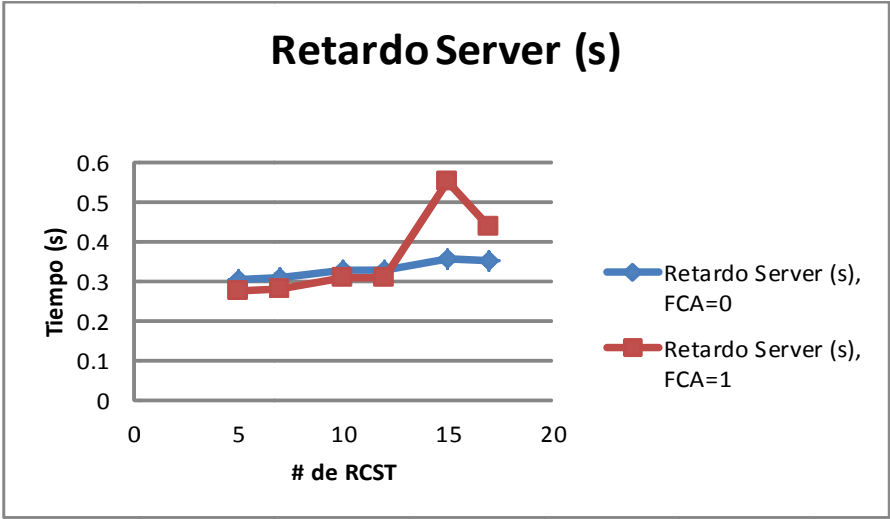
| Simulación Unica | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Sin Asignacion Dinamica de Recursos | | | | | | |
| # de RCST | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 |
| Retardo RCST (s), FCA=0 | 1.45871 | 1.47313 | 1.51957 | 1.55793 | 1.59347 | 1.5653 |
| Retardo Server (s), FCA=0 | 0.303159 | 0.309087 | 0.326313 | 0.329807 | 0.355427 | 0.353815 |
| Throughput (kbps), FCA=0 | 404.467 | 691.511 | 895.983 | 1234.83 | 1521.96 | 1669.6 |
| # de Usuarios | 150 | 210 | 300 | 360 | 450 | 510 |
| | | | | | | |
| Simulación Unica | | | | | | |
| Con Asignacion Dinamica de Recursos | | | | | | |
| # de RCST | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 |
| Retardo RCST (s), FCA=1 | 0.303159 | 0.309087 | 0.326313 | 0.329807 | 0.355427 | 0.353815 |
| Retardo Server (s), FCA=1 | 0.273692 | 0.281721 | 0.310112 | 0.310021 | 0.55307 | 0.43749 |
| Throughput (kbps), FCA=1 | 508.451 | 690.067 | 1046.4 | 1121.99 | 1620.97 | 1540.64 |
| # de Usuarios | 150 | 210 | 300 | 360 | 450 | 510 |

De los cuales se obtiene:

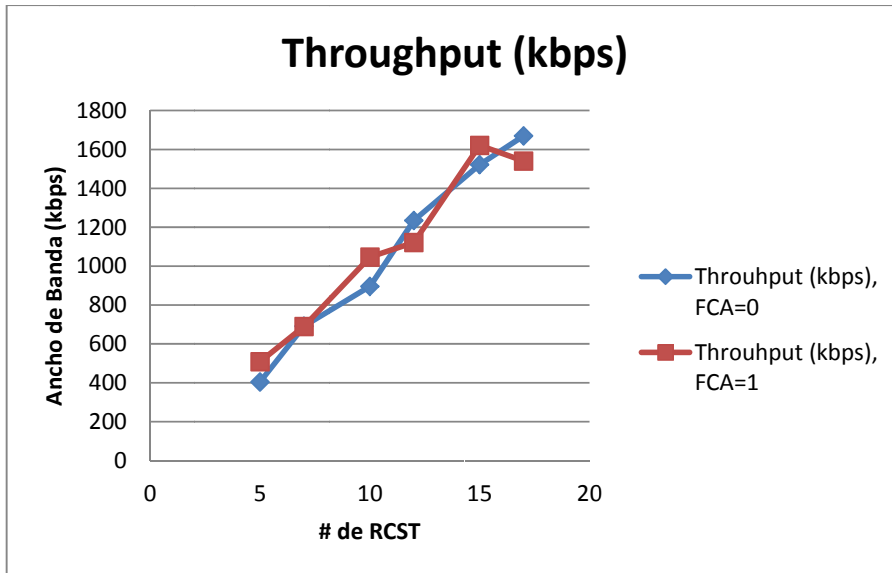
- Retardos en RCST:



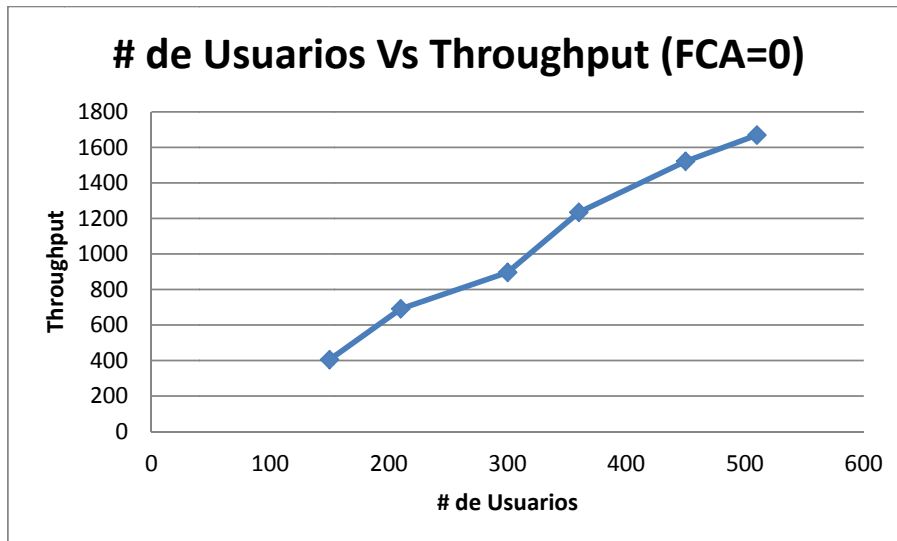
- Retardos en Server



- Throughput



- # de usuarios Vs Throughput



Con los resultados obtenidos en este primer escenario, se puede observar que:

- Los tiempos de retardo en la RCST son menores con asignación dinámica de recursos.
- Los tiempos de retardo en el server son muy similares, pero empiezan a ser mayores con asignación dinámica de recursos a partir de que se tiene presencia de más de 10 RCST.
- El uso de ancho de banda aumenta conforme aumentan las RCST hasta niveles del 90% con 17 RCST en funcionamiento y es similar con o sin asignación dinámica de recursos ya que cuando hay menos usuarios aprovecha el recurso disponible.

4.2.3.2 Segundo Escenario de Simulación

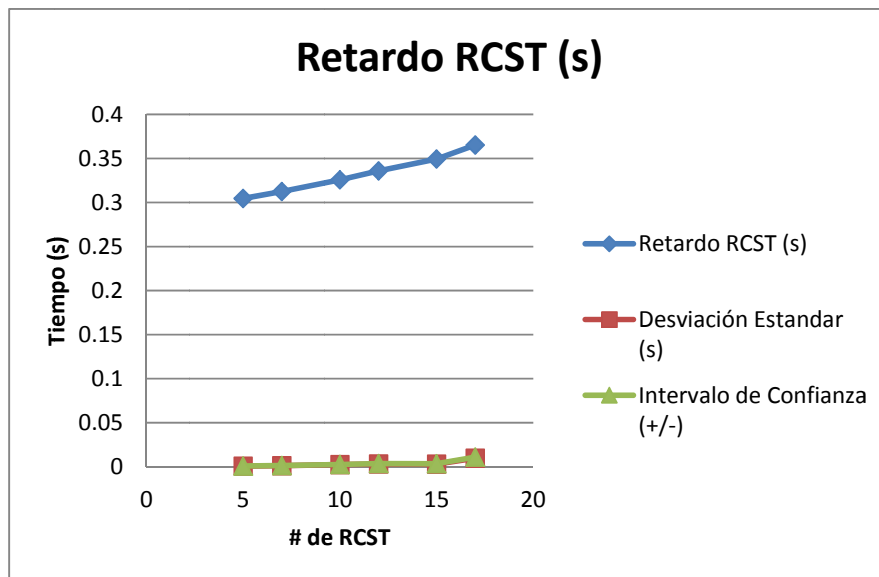
En este segundo escenario de simulación, las condiciones son:

- Parámetros definidos fijos (tabla 20)
- # de RCST variable (5, 7, 10, 12, 15 y 17)
- 3 simulaciones consecutivas con asignación dinámica de recursos (FCA=1)

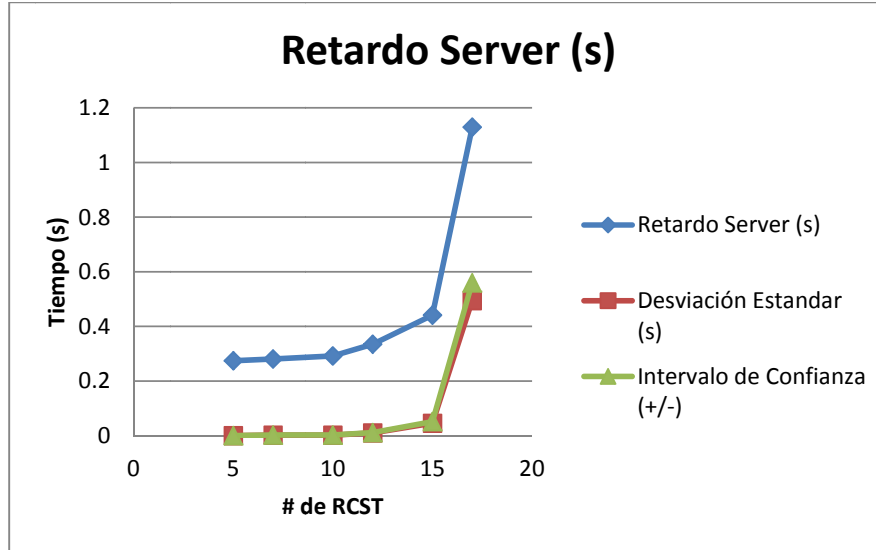
Con estas consideraciones se ha obtenido los siguientes resultados (archivos fuente de los datos anexos al documento):

| Simulación Multiple (3) | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Con Asignacion Dinamica de Recursos, FCA=1 | | | | | | |
| # de RCST | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 |
| Retardo RCST (s) | 0.304537 | 0.3125 | 0.325753 | 0.335939 | 0.349441 | 0.365229 |
| Desviación Estandar (s) | 0.00075557 | 0.0012519 | 0.00234206 | 0.00315512 | 0.00298189 | 0.00968426 |
| Intervalo de Confianza (+/-) | 0.00085501 | 0.00141666 | 0.0026503 | 0.00357036 | 0.00337432 | 0.0109588 |
| Retardo Server (s) | 0.274323 | 0.280787 | 0.291947 | 0.334737 | 0.441354 | 1.1292 |
| Desviación Estandar (s) | 0.00047609 | 0.00206184 | 0.00206566 | 0.0099858 | 0.045697 | 0.494519 |
| Intervalo de Confianza (+/-) | 0.00053875 | 0.00233319 | 0.00233752 | 0.0113 | 0.051711 | 0.559601 |
| Throughput (kbps) | 528.257 | 677.538 | 958.168 | 1239.21 | 1512.96 | 1703.14 |
| Desviación Estandar (s) | 24.866 | 60.8 | 56.1911 | 48.6965 | 95.635 | 102.809 |
| Intervalo de Confianza (+/-) | 28.1386 | 68.8016 | 63.5862 | 55.1053 | 108.222 | 116.34 |
| # de Usuarios | 150 | 210 | 300 | 360 | 450 | 510 |

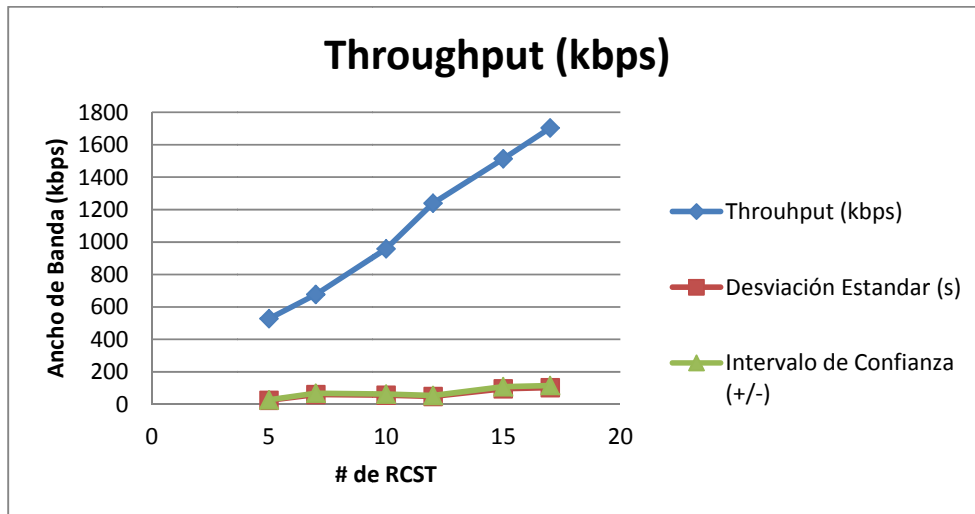
-
- Retardos en RCST:



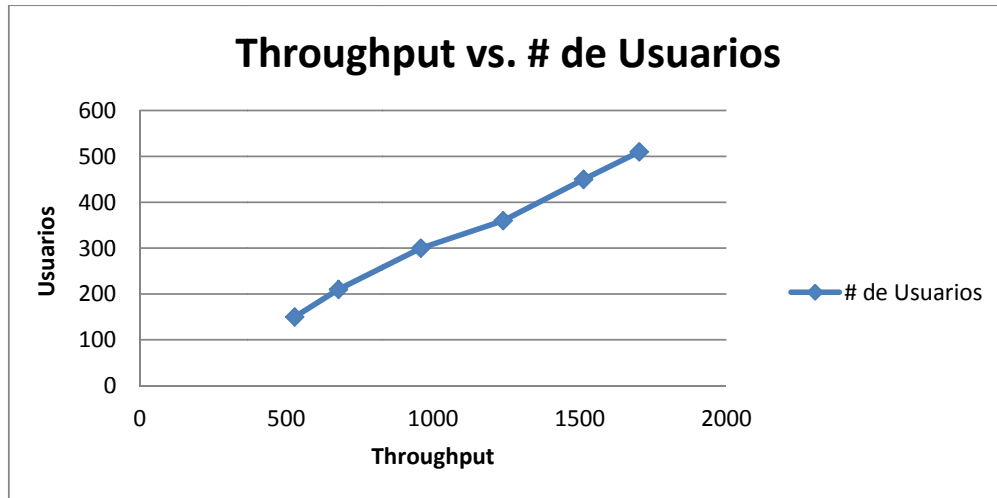
- Retardos en Server



- Throughput



- # de usuarios Vs Throughput



Con los resultados obtenidos en este segundo escenario, se puede observar que:

- Los tiempos de retardo en la RCST son varian entre 0.3 segundos, tiempo muy similar al retardo de propagación normal de una red satelital.
- Los tiempos de retardo en el server son muy similares, pero se ve una subida considerable cuando estamos en el 90% de uso de ancho de banda del canal,
- El uso de ancho de banda aumenta conforme aumentan las RCST hasta niveles del 90% con 17 RCST en funcionamiento y es similar con o sin asignación dinamica de recursos ya que cuando hay menos usuarios aprovecha el recurso disponible.

4.3 Consideraciones Económicas

4.3.1 Análisis de Costo Beneficio de la solución

Para cumplir el propósito de ampliar las comunicaciones, integrando todos los rincones de la tierra, la exploración terrestre no ha sido suficiente. La fibra óptica ha proporcionado grandes ventajas en materia de comunicaciones, pero los altos costos de inversión para su desarrollo se han convertido en una limitante muy importante. Por tal motivo los satélites artificiales de comunicación aún se presentan como una buena opción. Relativamente los costos de inversión son menores, y el alcance es mayor.

Una solución bidireccional por satélite de acceso a internet en banda ancha es la ideal para llegar a todas partes del planeta, la comunicación a través de satélites ha contribuido a la transformación de dos de las dimensiones humanas: espacio y tiempo.

Por tal razón ya no se experimenta asombro ante la difusión de un evento o acontecimiento que puede llegar a cualquier parte del mundo en el momento que sucede.

El acceso a internet por satélite es la forma de conexión a la Red más potente gracias a ser una garantía para tener accesos de alta velocidad y de forma bidireccional, además de que tiene una ventaja muy amplia en lo que a ubicación geográfica de refiere, ya que con este tipo de solución se puede llegar a cualquier lugar del planeta, incluso a lugares donde las redes

cableadas o inalámbricas no pueden llegar debido a los altos costos de inversión de montar la infraestructura necesaria.

De esta manera, el satélite tiene muchos argumentos para luchar con las tecnologías de acceso tradicionales a internet por el mercado de banda ancha, sobre todo en lugares donde otra tecnología que no sea el satélite difícilmente va a llegar.

Por eso las grandes operadoras de satélites han fijado su punto de mira en Internet de banda ancha y en la internacionalización de sus actividades como objetivos estratégicos para diversificar su negocio tradicional.

Así, la banda ancha puede llegar a todos los lugares con terminales de altas prestaciones y fáciles de usar. Gracias a empresas específicamente dedicadas a comercializar a través de los satélites el acceso a Internet bidireccional con un despliegue rápido y económico, con cobertura homogénea, complementariedad y con las soluciones terrestres y las disponibilidades más adecuadas.

Actualmente en la práctica, no hay punto en la tierra sin la posibilidad de comunicación. Las barreras físicas que apartaban zonas enteras de los cinco continentes, como desiertos, montañas, océanos, selvas y polos glaciares ya no serán un obstáculo para las comunicaciones. Los satélites artificiales proporcionan cobertura a regiones donde la comunicación por redes terrestres es prácticamente imposible, o sumamente costosa. Por ejemplo La Alianza Global Loral, repartirá servicios de video que incluyen difusión de televisión, aplicaciones de señal directa al hogar, televisión

empresarial, servicios ocasionales, noticias, servicios de Internet, voz y datos. Estos servicios se ofrecerán a lo largo del continente americano y Europa, y extienden su cobertura hacia Asia/Pacífico, India, Rusia, el Medio Oriente y Sudáfrica.

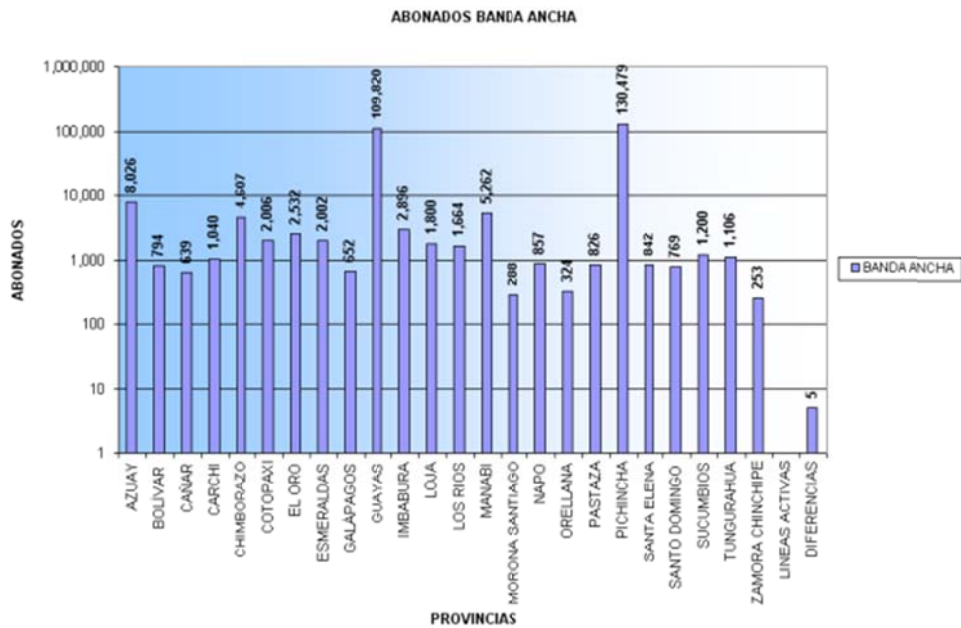
Aunque las transmisiones satelitales también tienen algunas desventajas como las demoras de propagación, la interferencia de radio y microondas, y el debilitamiento de las señales debido a fenómenos meteorológicos (lluvias intensas, nieve, y manchas solares), las ventajas son mayores. Por tal motivo, países como Brasil, Francia, India, Japón, China, Australia, Gran Bretaña, Italia, Panamá, México y Argentina, además de los pioneros (Rusia, Estados Unidos y Canadá) cuentan con un sistema satelital de comunicaciones.

Todo esto ha hecho que el servicio de acceso a Internet vía satélite se masifique en muchos países incluso de nuestro continente y existan proveedores de acceso a internet vía satélite incluso con soluciones para hogar y pequeñas oficinas, un ejemplo muy cercano es Perú, país en el cual ya se ofrece este tipo de acceso.

La solución satelital en nuestro país sería una opción muy viable, ya que por la misma geografía de nuestro país aquí tenemos muchas zonas de acceso difícil a las cuales la comunicación vía cable no puede llegar básicamente por los altísimos costos de expansión de la infraestructura de comunicaciones que esto representaría, así por ejemplo en la zona del

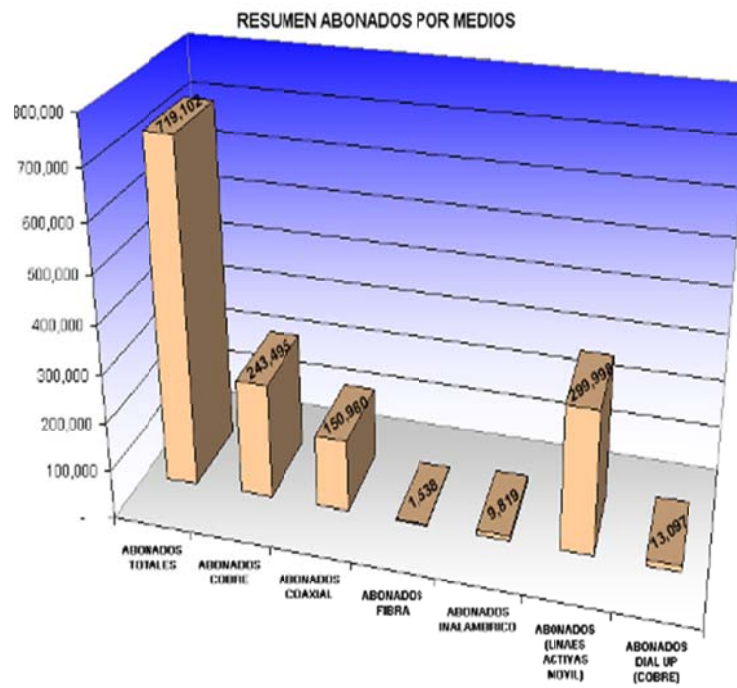
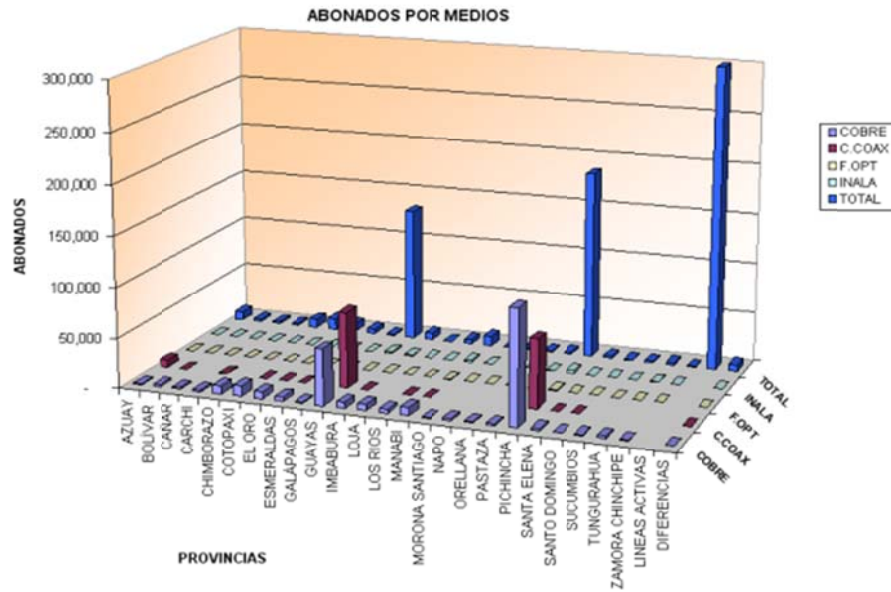
oriente, donde están varias poblaciones y empresas petroleras, el limitante geográfico que tienen las empresas proveedoras podría ser solucionado fácilmente con la solución satelital, y así se podrían entregar servicios de acceso a internet y datos en cualquier parte del país.

En nuestro país en la actualidad, la penetración del servicio de internet de banda ancha es muy bajo y básicamente concentrado en las provincias de Guayas y Pichincha, así:



Fuente: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=102

Y los medios de acceso a internet son básicamente vía cobre y cable coaxial, así:



Fuente: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=102

Como podemos ver en el cuadro anterior, en nuestro país el acceso satelital aún no tiene la explotación que se podría dar, ya que apenas 2 proveedores ofrecen acceso a internet vía satélite y los costos aún son muy altos comparados con otros países, por lo que básicamente son solo soluciones tipo empresarial lo que existen y con costos muy elevados.

Por tanto, una solución de acceso satelital es totalmente viable y beneficiosa, a pesar de los costos de los terminales, pero con ventajas significativas de cobertura y acceso prácticamente a cualquier lugar del país.

4.3.2 Análisis de Costos del servicio

Los costos de este tipo de servicio actualmente en el país son altos, ya que por ejemplo uno de los 2 proveedores en el país que tiene este tipo de acceso tiene un costo de servicio de entre \$ 300 y \$ 400 por el acceso a internet con un ancho de banda de 128 Kb – 256 kb y esto más los costos de alquiler de equipos terminales.

Sin embargo, en otros países de la región, tenemos varios proveedores, sobre todo en la región de centro y Norteamérica que dan este tipo de servicio, y con la misma solución propuesta en este proyecto, así por ejemplo están:

- Hispasat

<http://www.hispasat.com/Detail.aspx?SectionsId=40&lang=>

[es](#) quienes usan este tipo de solución para el acceso de banda ancha entre una de las varias soluciones que ofrecen.

Otros proveedores de este tipo de acceso son:

- Intelsath: <http://www.intelsath.com/internetsat.htm>
- <http://www.ensambladas.20m.com/satelital.htm#Cobertura>
- <http://www.viasatelital.com/> (Perú)

Los costos varían de acuerdo a planes, así por ejemplo, el proveedor Intercomusa con cobertura para México, USA y Latinoamérica, tiene varios tipos de planes desde \$59,99 a \$ 169,99 y kits de equipos que varían entre \$ 500 y \$2000 para la compra pero también con la posibilidad de renta, así:

<http://www.intercommusa.net/hughes.html>

Equipos HughesNet 74cms

Los equipos HughesNet con antena de 74 cm. se recomienda para aquellos usuarios que necesitan de internet y no demandan demasiada transferencia y requieren de un enlace a internet con velocidades sustanciales y su demanda de capacidad de descarga cumpla con necesidades básicas con planes de Servicio Homes, Profesional y Pro-Plus.

| Características Planes | Home \$ 59.90usd/Mes | Profesional \$ 69.90usd/Mes |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|

Recuerde Leer las **Políticas del Servicio**

| | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Velocidad Máxima de subida (1) | 128 kbps | 200 kbps |
| Velocidad Máxima de Bajada(1) | 700 kbps | 1000 kbps |
| Capacidad de Descarga (2) | 200 Mb | 375 Mb |
| Velocidad de Recuperación (3) | 56kbps/24hrs | 56kbps/24hrs |
| Dirección IP Incluida | Privada | Privada |
| Número de Usuario Sugeridos (4) | De 1 a 4 | De 1 a 6 |
| Soporta VoIP | No | No |
| Soporta VPN | No Garantizado | No Garantizado |

| Equipo Que incluye | Home \$ 59.90usd/Mes | Profesional \$ 69.90usd/Mes |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|

El Kit HughesNet Intercommusa México y las características expresadas son para todos los equipo Satelitales, no se incluyen los gastos de traslado de uno de nuestros instaladores certificados al lugar de la instalación .

| | | |
|-------|---------|---------|
| Modem | HN7000S | HN7000S |
|-------|---------|---------|

| | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Equipo Exterior | Antena .74m/Radio 1 watt | Antena .74m/Radio 1 watt |
| Tiempo de Contrato | 12 Meses | 12 Meses |
| Garantía/Soporte Técnico | 12 Meses | 12 Meses |
| Cobertura | USA, México | USA, México |
| Activación | Gratis | Gratis |

Equipo HughesNet 98cms

Estos equipos son para usuarios que requieren de internet y su demanda de internet es más robusta y requiere de mejores conexiones, o se encuentra en regiones apartadas y requiere de un equipo de 98 cm. para tener mejor recepción. Uso para Oficina pequeña o Café Internet con demandas grandes . Es la mejor opción para aquellos usuarios que requieren internet donde no existe ningún tipo de infraestructura.

| Características Planes | Pro-Plus \$ 79.90usd/Mes | Office \$ 99.90usd/Mes | Business \$ 169.90usd/Mes |
|---|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Recuerde Leer las Políticas del Servicio | | | |
| Velocidad Máxima de subida (1) | 200 kbps | 300 kbps | 300 kbps |

| | | | |
|---------------------------------|----------------|--|--|
| Velocidad Máxima de Bajada (1) | 1500 kpbs | 1500 kpbs | 2000 kpbs |
| Capacidad de Descarga (2) | 425 Mb | 500 Mb | 1250 Mb |
| Velocidad de Recuperación (3) | 56kbps/24hrs | 100kbps/24hrs | 100kbps/24hrs |
| Dirección IP Incluida | Privada | Privada o 1 IP Estática (\$200.00/mes) | Privada o 1 IP Estática (\$200.00/mes) |
| Número de Usuario Sugeridos (4) | De 1 a 8 | De 1 a 10 | De 1 a 15 |
| Soporta VoIP | No | No | No |
| Soporta VPN | No Garantizado | No Garantizado | No Garantizado |

| | | | |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Equipo Que incluye | Pro-Plus \$ 79.90usd/Mes | Office \$ 99.90usd/Mes | Business \$ 169.90usd/Mes |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|

El Kit HughesNet Intercommusa México y las características aquí expresadas son para todos los equipo, no incluyen los gastos de traslado de nuestros instaladores certificados y costo de envío del equipo.

| | | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Modem | HN7000S | HN7000S | HN7000S |
| Equipo Exterior | Antena .98m/ Radio 2 watt | Antena .98m/ Radio 2 watt | Antena .98m/ Radio 2 watt |
| Tiempo de Contrato | 12 Meses | 12 Meses | 12 Meses |

| | | | |
|--------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Garantía/Soporte Técnico | 12 Meses | 12 Meses | 12 Meses |
| Cobertura | USA, México. | USA, México | USA, México |
| Activación | Gratis | Gratis | Gratis |

Como se puede ver este tipo de proveedores los precios son bastante accesibles, pero estos son con cobertura básicamente para Centro y Norteamérica.

Ahora veremos los precios de un proveedor de Perú con cobertura para América del Sur, el cual ofrece planes desde \$ 340 pero básicamente se concentra en planes más para el mercado corporativo y no residencial, así:

<http://www.viasatelital.com/>

Con Modem Satelital Marca Hughes Modelo HN7000s

| Tipo de Servicio | Bajada/Subida Kbps | Contención | Tráfico Máx. Diario | Mensualidad Dólares Incluye I.G.V |
|------------------|-----------------------|------------|------------------------|---|
| Básico | 512/128 | 1:20 | 500 MB | \$ 340 |
| Corporativo | 1024/256 | 1:20 | 800 MB | \$ 440 |
| Premium 1 | 512/128 | 1:10 | 1100 MB | \$ 580 |
| Premium 2 | 1024/256 | 1:10 | 1400 MB | \$ 770 |

En el tema de equipos hay kits desde \$ 1200.

En el Perú existen varias empresas dedicadas a proveer estos servicios y es un mercado en crecimiento y con tendencia a la baja de precios, mientras que en nuestro país, como se mencionó anteriormente, solo existen 2 proveedores de este tipo de servicio, y lo que existe son algunos pequeños distribuidores de empresas del exterior que están incursionando en este mercado con planes para pequeñas empresas desde 150 USD más costos de instalación de \$ 250 y kit de equipos desde \$1500.

[http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-7915422-internet-satelital-desde-150-dolares-al-mes-en-todo-el-pais- JM \)](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-7915422-internet-satelital-desde-150-dolares-al-mes-en-todo-el-pais- JM))

Como se puede observar, por la experiencia en otros países, la solución es viable, lo que falta es una correcta difusión y un plan de negocios agresivo con el que se pueda llegar a equiparar los costos de los proveedores actuales, pero con la ventaja de que esta solución se puede entregar en cualquier parte del país, insistiendo sobre todo en los lugares geográficamente difícil de acceder por medios terrestres, esto por el alto costo de instalar la infraestructura, como también los costos ambientales asociados a por ejemplo instalar infraestructura por medio de la selva.

Un limitante para el mercado ecuatoriano puede ser los costos de los equipos, ya que por los impuestos y costos de importación, casi llegan a triplicar el valor de los mismos comparando con otros países de Latinoamérica.

Otro limitante es el costo de operación y mantenimiento de una red satelital en comparación de una red de fibra óptica, esto ya que si bien es cierto en la inversión inicial de poner una infraestructura de fibra los costos comparativamente son más altos, en el tema de la operación y mantenimiento los costos de las redes de fibra en este rubro son considerablemente más bajos, esto debido principalmente a que el costo de operación y mantenimiento se reduce a solución de incidentes y monitoreo, mientras que en la red satelital, al ser la mayor parte de componentes electrónicos, necesitan mantenimiento de manera programada y cada cierto tiempo.

CAPITULO 5

5.1 Conclusiones y Recomendaciones

1. La solución de acceso a Internet planteada en el presente proyecto, es totalmente viable técnicamente ya que el estándar usado permite aprovechar de buena manera los recursos disponibles y por tanto es una alternativa a otras tecnologías que actualmente permiten este tipo de servicio pero con una ventaja grande que es la ubicuidad que tiene esta solución.

2. La simulación de la red planteada y sus resultados demuestran que el modelo funciona y que se puede implementar como una solución para el acceso a Internet.

3. Las soluciones de acceso satelital en el país son prácticamente nulas y de acuerdo al estudio realizado es una solución viable y con la ventaja de que geográficamente es más fácil de implementar sobre todo tomando en cuenta la diversidad geográfica de nuestro país, es decir podría ser una solución rentable para lugares geográficamente apartados y de difícil acceso.

4. Un limitante de este tipo de solución al momento en nuestro país es el costo de los equipos terminales, los cuales por temas de costos de importación e impuestos triplican el valor de los mismos, así como también es de considerar los costos de operación y mantenimiento que son más altos en este tipo de solución.

5. Otro limitante de este tipo de acceso es los retardos que presenta y los problemas que por condiciones atmosféricas se puedan presentar.

6. Ya que actualmente como una política de estado existe el plan para la masificación del acceso a internet en nuestro país, esta tipo de solución es una más que se puede tomar en cuenta para cumplir este objetivo en complemento con otras (ej. fibra óptica), ya que se podría cubrir lugares geográficamente remotos y de difícil acceso para las comunicaciones terrestres sobre todo en nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Tesis Doctoral: Contribución al Estudio de las Redes VSAT Multiestrella, Universidad Politécnica de Madrid, Gustavo Chafra, 2002
- Network Simulator, [<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>], [http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/User_Information]
- <http://eventos.ula.ve/sitel/expo/VRB-DVBSAT.pdf>
- <http://www.tech-faq.com/dvb-rcs.html>
- <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DVBS.aspx>
- <http://www.dvb.org/>
- "Sistemas de Telecomunicación vía satélite", James Wood, 1994.
- SATCOM WEB site - [<http://cyserv1.cybase.co.uk/satcom/>]
- INMARSAT WEB site [<http://www.worldserver.pipex.com/inmarsat/index.htm>].
- Globalstar WEB site - [<http://www.computerreview.com/globsta.htm>].
- Iridium WEB site - [<http://www.iridium.com/>].
- Teledesic WEB site - [<http://www.teledesic.com/>].
- Alexa - The web information company [<http://www.alexa.com/>], estadísticas de uso de internet.
- <http://www.viasatelital.com/cobertura.htm>
- <http://www.viasatelital.com/cobertura.htm>
- <http://www.ts2.pl/es/VSAT>
- <http://www.conatel.gob.ec>