

10. Las redes de telecomunicación basadas en satélite

María Ángeles Vázquez Castro¹,
María Alejandra Pimentel Niño¹ y Ricard Alegre Godoy¹

10.1. Consideraciones generales de las comunicaciones por satélite en países en desarrollo

Una de las soluciones más implementadas para el provisionamiento de servicios de banda ancha e Internet en países en vías de desarrollo y en zonas rurales son los sistemas basados en comunicaciones por satélite. Por sus características técnicas y económicas este tipo de sistemas presentan una serie de ventajas que los hace muy apetecibles.

10.1.1. Los sistemas de comunicaciones por satélite

La localización geográfica y topografía de las zonas rurales, alejadas de núcleos urbanos y rodeadas de accidentes geográficos como pueden ser montañas, bosques, selvas o ríos, hacen que el despliegue de redes tradicionales sea muy costoso por el hecho de tener que realizar la instalación y cableado desde un núcleo urbano hasta la zona rural. En este escenario, los sistemas de comunicaciones por satélite ofrecen una alta eficiencia técnica y económica. Son capaces de ofrecer una calidad de servicio parecida a la de las redes tradicionales, y el despliegue se reduce prácticamente a la instalación de los receptores y la red inalámbrica terrestre.

El formato más usado es el híbrido por su facilidad para llegar al usuario final. La Figura 10.1 detalla la arquitectura de un sistema de comunicaciones por satélite híbrido.

Las arquitecturas híbridas se dividen en dos segmentos, el segmento terrestre y el segmento espacial. Los elementos que componen el segmento espacial son los siguientes:

¹Universitat Autònoma de Barcelona, España

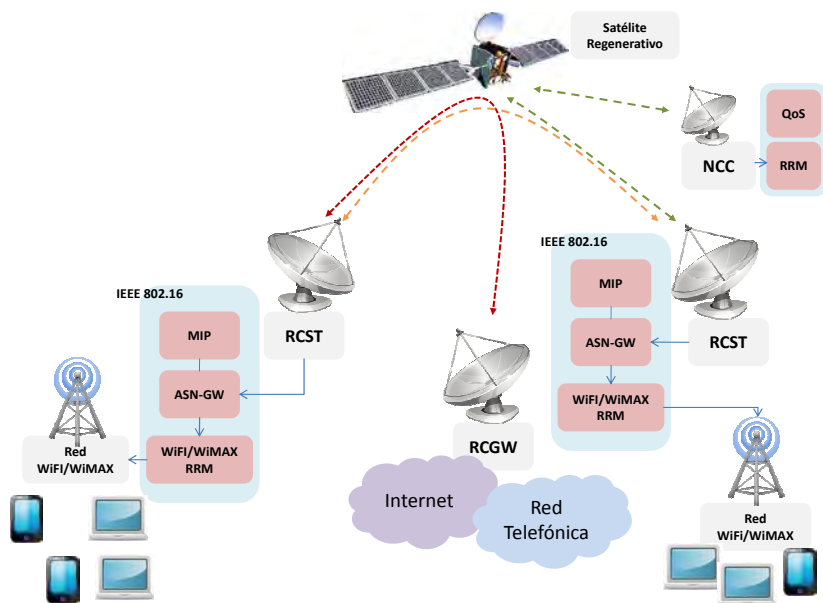


Figura 10.1.: Sistema de comunicaciones por satélite híbrido.

- Un Network Control Centre (NCC), encargado de coordinar y organizar el segmento espacial; básicamente realiza tareas de QoS y Radio Resource Management (RRM), las cuales serán explicadas en la Sección 10.2.
- Un conjunto de Return Channel Satellite Terminals (RCST), que actúan de interfaz entre la señal que proviene del satélite y la señal que se envía a los usuarios finales a través de la red terrestre.
- Uno o varios Return Channel Satellite Gateway (RCGW), que actúan de interfaz con redes externas como las redes telefónicas tradicionales o Internet.
- Un satélite que puede disponer o no de procesador a bordo. En caso de tener procesador a bordo se pueden realizar conexiones de tipo *mesh*, es decir de usuario final a usuario final sin necesidad de enviar la señal a un *hub*, con lo que se emplea la mitad de tiempo para realizar la comunicación [166].

Los elementos que componen el segmento terrestre son los siguientes:

- Una red terrestre inalámbrica, o bien Wi-Fi o bien WiMAX, a modo de enlace entre los usuarios finales y el RCST. Para zonas rurales con mayor población se recomienda usar un red WiMAX ya que provee una mayor cobertura y los usuarios serían capaces de acceder al sistema desde su propia casa. Para zonas rurales con poca población se recomienda usar una red Wi-Fi en un punto de encuentro al cual los usuarios accederían para conectarse al sistema. Nótese que la red terrestre dispone de un Access Service Network Gateway (ASN-GW), que realiza de forma eficiente la conversión de la señal satélite a la señal Wi-Fi/WiMAX y

viceversa. Además, la red terrestre dispone de una IP móvil (MIP) ya que cada RCST podría tener asociada más de una red.

- Una serie de usuarios finales que se conectan al sistema de comunicaciones por satélite a través de la red terrestre, ya sea basada en Wi-Fi o en WiMAX. Estos usuarios tienen la posibilidad de interactuar entre ellos o bien con redes externas como la red telefónica o Internet.

El funcionamiento del sistema es como sigue: un usuario conectado a una red terrestre, con una RCST asociada, solicita enviar datos; la RCST asociada envía una petición al NCC a través de un canal de interacción (línea verde); el NCC le asigna recursos a dicho usuario y a la estación RCST receptora usando él también el canal de interacción y mediante un algoritmo de RRM [167]. Si el satélite es regenerativo, el NCC configura el procesador a bordo del satélite para asegurar que se realiza la conexión con el RCGW o RCST adecuado; además, esta conexión se realiza en un único salto reduciendo de este modo el retardo en la comunicación.

En caso de realizar una conexión a una red externa como Internet o la red telefónica, el satélite envía la señal a un RCGW, que adaptará la señal por satélite al formato de la red externa que se haya solicitado (línea roja).

En caso de realizar una conexión usuario a usuario, el satélite envía la señal a otro terminal RCST; el ASN-GW asociado a cada RCST realiza la adaptación necesaria de la señal al formato Wi-Fi o WiMAX. Posteriormente, el bloque Wi-Fi/WiMAX RRM se encarga de asignar recursos a la señal de forma que pueda llegar de forma eficiente al usuario final (línea amarilla) [168, 169].

10.1.2. El canal satélite

Uno de los problemas básicos que hay que afrontar al diseñar un sistema de comunicaciones por satélite es la gran atenuación que sufre la señal desde que es enviada por el satélite hasta que llega al receptor. Esta atenuación hace que la relación señal a ruido (SNR) recibida sea relativamente baja y afecte a la decodificación de la señal. Básicamente se pueden distinguir dos efectos que contribuyen a dicha atenuación: la distancia entre el transmisor (satélite) y el receptor (RCST o RCGW), y los efectos climatológicos producidos en la atmósfera.

10.1.2.1. La distancia entre el transmisor (satélite) y el receptor (estación terrestre)

Típicamente los satélites usados en sistemas de comunicaciones se encuentran en órbitas geoestacionarias, del orden de 38.000 km de distancia desde la superficie de la Tierra. Esto implica que la señal enviada desde el satélite va a verse severamente atenuada por la gran distancia que debe viajar. Es por esta razón que se usan antenas parabólicas para la recepción de la señal, ya que ofrecen alta ganancia de antena aunque deben apuntar exactamente hacia la posición del satélite.

| Banda | Frecuencia (GHz) | Atenuación típica de la señal (dB/km) |
|-------|------------------|---------------------------------------|
| L | 1,0-2,0 | despreciable |
| S | 2,0-4,0 | despreciable |
| C | 4,0-8,0 | 0,001-0,1 |
| X | 8,0-12,0 | 0,1-1 |
| Ku | 10,95-14,0 | 0,5-4 |
| Ka | 26,5-40 | 20-60 |

Tabla 10.1.: Atenuación a causa de la lluvia en dB por km de lluvia, en bandas de frecuencia usadas en comunicaciones por satélite.

10.1.2.2. Los efectos atmosféricos

Las bandas de frecuencias usadas en comunicaciones por satélite pueden oscilar entre 1 y 30 GHz. Esto se debe a que ofrecen el mejor compromiso entre tamaño de las antenas, tanto en el satélite como en el receptor, coste del hardware y ancho de banda de transmisión. Sin embargo, las señales operando a estas bandas se ven seriamente afectadas por eventos producidos en la atmósfera, típicamente la lluvia. La Tabla 10.1 muestra dicha atenuación en dB/km de lluvia.

Tal y como se puede observar en la tabla, los efectos producidos por la lluvia en las bandas L, S y C se pueden considerar despreciables. Sin embargo, estas bandas se encuentran altamente saturadas; varios sistemas tanto terrestres como satelitales hacen uso de ellas y ofrecen poco ancho de banda. La tendencia es usar bandas de frecuencia cada vez más altas donde el uso de las bandas de frecuencia está menos saturado y es exclusivo de sistemas de comunicaciones por satélite, aunque éstas se ven muy afectadas por la lluvia. Este efecto es incluso mayor en zonas tropicales, donde las lluvias son mucho más densas y más prolongadas, por lo que se deberá tener en cuenta cuando se realice el diseño del sistema [170].

Aparte de la lluvia existen otros factores de menor importancia que afectan a los sistemas de comunicaciones por satélite, relacionados con los distintos tipos de gases que contiene la atmósfera.

Actualmente se usan varias técnicas para mitigar los efectos producidos en la atmósfera, como por ejemplo Dynamic Rate Adaptation (DRA) [171], Power Control o Adaptive Coding and Modulation (ACM), siendo ACM la más extendida de ellas. ACM se basa en el cambio dinámico de la codificación y modulación de la señal en función de la calidad de la señal recibida, usando el canal de interacción [172, 170]. De esta forma:

- Bajo eventos de lluvia en el sistema se usan Modulaciones y Codificaciones (MODCOD) de bajo orden como BPSK, QPSK u 8PSK para permitir la correcta decodificación de la señal, debido a que la SNR del sistema es muy baja.
- Bajo eventos de cielo claro el sistema usa MODCOD de alto orden, 16APSK (16-ary Amplitude Phase Shift Keying) o 32APSK (32-ary Amplitude Phase Shift Keying), ya que la SNR del sistema es más alta y de esta forma se transmite mayor cantidad de información a los usuarios.

| Nombre del sistema | Año de puesta en marcha | Tipo de servicio | Cobertura |
|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Amazonas 1 (Hispasat ^a) | 2004 | TV, Telefonía, Internet | Suramérica, Norte de África y Europa |
| TELSTAR 12* (Eutelsat ^b) | 1999 | Internet | Suramérica |
| BGAN (Inmarsat ^c) | 2009 | TV, Telefonía, Internet | Mundial |

^a<http://www.hispasat.com>

^b<http://www.eutelsat.com>

^c<http://www.inmarsat.com>

Tabla 10.2.: Implementaciones de sistemas de comunicaciones por satélite.

Las diferentes alteraciones que sufre la señal en un canal satélite así como las técnicas usadas para contrarrestarlas se pueden consultar en [173].

10.1.3. Datos de implementación

Actualmente existen varios sistemas destinados a ofrecer servicios de comunicaciones vía satélite para zonas rurales, especialmente en Sudamérica. La Tabla 10.2 muestra algunos de ellos.

De estos sistemas, tanto Amazonas 1 como TELSTAR 12* hacen uso de arquitecturas híbridas basadas en WiMAX. Además, Amazonas 1 implementa comunicaciones regenerativas (un solo salto para comunicaciones entre usuarios).

10.2. Comunicaciones IP vía satélite

10.2.1. Capas de la torre de comunicaciones

La mayoría de los sistemas de comunicaciones por satélite adoptan el modelo de capas de la torre de comunicaciones basada en IP. La Figura 10.2 muestra los protocolos que se ven envueltos en una comunicación usuario a usuario para un sistema con una arquitectura como la de la Figura 10.1.

El funcionamiento de un sistema de comunicaciones por satélite sobre IP se basa en que el protocolo IP debe permanecer inalterado independientemente del diseño del sistema (Satellite Independent o SI), y en cambio la capa de enlace y la capa física, SMAC y SPHY respectivamente, pueden ser modificadas u optimizadas en función del sistema a diseñar (Satellite Dependent o SD). Existe una capa intermedia llamada Satellite Independent Service Access Protocol (SISAP) que hace de interfaz (Adaptation Layer o AL) entre las capas superiores (IP) y las capas inferiores (SPHY y SMAC) [174].

Existen dos razones básicas para adoptar este sistema:

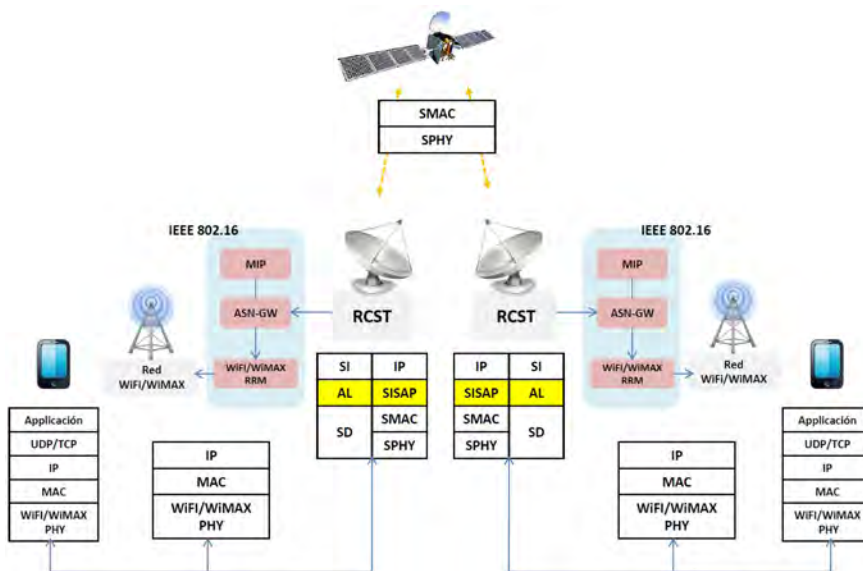


Figura 10.2.: Capas de la torre de comunicaciones en un sistema de comunicaciones por satélite.

- El protocolo IP permanece totalmente transparente al tipo de red que se está usando, ya sea terrestre o satélite, por lo que los terminales de usuario no necesitan versiones especiales del protocolo ni tampoco las redes intermedias como Wi-Fi/WiMAX.
- Cualquier mejora u optimización en las capas inferiores permanece transparente para las capas superiores y viceversa. El protocolo SISAP se encargará de implementar o realizar las modificaciones necesarias [173].

10.2.2. Quality of Service y Radio Resource Management

Existen dos aspectos básicos en un sistema de comunicaciones por satélite de los que se encarga el NCC: QoS y RRM.

Se entiende por QoS el proceso por el cual a un usuario se le asignan diferentes prioridades en función de la aplicación que quiere usar. El protocolo IP define tres clases distintas de servicios, cada una de ellas relacionada con un cierto nivel de calidad, es decir, cierto nivel de retardo, latencia y ancho de banda que se le asigna a la aplicación [175]. La Tabla 10.3 muestra dicha clasificación.

| QoS | Aplicaciones | Características |
|--------------------------|------------------------|---|
| Expedited Forward | VoIP, Video | Bajas pérdidas, alto ancho de banda, bajo retardo |
| Assured Forward | <i>Streaming</i> , FTP | Bajo retardo y latencia |
| Best Effort | Navegación Web | Bajo ancho de banda, alto retardo y latencia |

Tabla 10.3.: QoS en el protocolo IP.

Se entiende por RRM el proceso por el cual el NCC asigna el uso del canal a un usuario durante un cierto tiempo. Este proceso depende básicamente del tipo de acceso al medio del sistema y del perfil del tráfico de los usuarios.

- Los métodos de acceso al medio más comunes son el multiplexado en frecuencia (FDMA), el multiplexado en tiempo (TDMA), o una combinación de ambos (MF-TDMA), aunque existen otros como la multiplexación por código (CDMA) o por portadoras (OFDMA) [173].
- El perfil de tráfico puede ser uniforme, donde todos los usuarios quieren transmitir la misma cantidad de tráfico y del mismo tipo, o no uniforme, como el tráfico IP donde los usuarios transmiten diferentes cantidades de tráfico y usan distintas aplicaciones que requieren ciertos niveles de retardo, ancho de banda, etc. [176]. La necesidad de soportar tráfico IP y/o tráfico no uniforme ha provocado la irrupción de nuevos modelos de carga útil del satélite que son capaces de adaptarse a perfiles de tráfico no uniformes y ofrecer mejor rendimiento, mayor capacidad y menor consumo [177].

Dependiendo de estos dos factores se usan diferentes algoritmos para el RRM; algunos de ellos se pueden consultar en [178].

10.3. Las diferentes formas de comercialización de los servicios de transmisión de datos por satélite

10.3.1. Servicios estandarizados vs. servicios propietarios

Al contrario de los servicios de redes terrestres inalámbricas o fijas, en el caso satelital no hay unificación en torno a un estándar.

La principal desventaja que esto presenta es que los desarrollos propietarios tienen un potencial limitado en el mercado, y por tanto serán servicios de alto costo. Para los partidarios de los servicios estandarizados, el uso de éstos trae consigo sana competencia y reducción de costos, algo ventajoso para el usuario final. La compatibilidad e interoperabilidad de equipos también es una gran ventaja que brindan los servicios estandarizados. La heterogeneidad en los proveedores encarece los costos, creando problemas de integración de equipos.

10.3.1.1. Servicios estandarizados

En el campo de la provisión de servicios de transmisión de datos en banda ancha via satélite, se destacan 3 tecnologías: S-DOCSIS, IPoS y DVB-RCS.

El ETSI ha normalizado los estándares satelitales del proyecto Digital Video Broadcasting² (DVB) DVB-S, DVB-S2 y DVB-RCS como ETSI EN 300 421, ETSI EN 302 307 y ETSI EN 301 790 respectivamente. Así mismo, ha ratificado como ETSI TS 102 354 al estándar IPoS (IP over Satellite) creado por Hughes Network Systems y estandarizado por la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA) de Estados Unidos. En su recomendación ITU-R BO.1724, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) contempla la interfaz aérea tanto de IPoS como de DVB-RCS para el canal de retorno, en sistemas interactivos satelitales de banda ancha.

Por otro lado, S-DOCSIS es una modificación del conocido DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), el estándar de transmisión de televisión por cable creado por CableLabs. S-DOCSIS nació como una versión adaptada para las características físicas de la transmisión satelital, y su puesta en marcha se vio inicialmente impulsada por el alto nivel de penetración de los sistemas existentes de DOCSIS, principalmente en Norteamérica.

El proyecto DVB nació como una alianza europea y ahora cuenta con más de 250 compañías a nivel global. El objetivo inicial fue impulsar el desarrollo de la televisión digital en Europa, y hoy por hoy es el estándar de televisión digital más universal. El apoyo de la comunidad académica a los diferentes estándares de DVB ha contribuido en gran medida a su amplia difusión y avance.

El primer estándar referente a televisión via satélite, el DVB-S, fue desarrollado en 1993. En 2004 fue aprobada la segunda generación de DVB-S, DVB-S2. DVB-S2 presentó novedades que lo hacen muy eficiente, incluyendo mayores órdenes de modulación y métodos de corrección de errores más robustos. Así mismo, incluye métodos avanzados de modulación y codificación adaptativa [179]. En cuanto a los servicios que proporciona, DVB-S2 no sólo fue diseñado para proveer servicios de televisión de alta definición sino también para soportar servicios interactivos de datos como Internet, aunque sólo en el enlace de ida.

El estándar DVB-RCS [167], normalizado en 1999, proporciona el canal de retorno en un enlace satelital de banda ancha. Utilizado junto con DVB-S2 para el enlace de ida, permite establecer comunicaciones de doble vía. DVB-RCS está definido en la banda Ka, y usa terminales VSAT (Very Small Apertura Terminals) con antenas de 1-2 metros de diámetro. DVB-RCS está en capacidad de proveer servicios similares a una conexión por cable ADSL, en lugares donde no hay infraestructura terrestre al alcance, con velocidades de alrededor de 20 Mbps en el enlace de ida y 5 Mbps en el de retorno.

DVB-RCS+M [180], ratificado en 2008, extiende el uso de DVB-RCS a entornos móviles, como aplicaciones marítimas, aeronáuticas, redes ferroviarias o vehículos. También proporciona, entre otras características, robustez al sistema con códigos de corrección

²<http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DVBS.aspx>

de errores FEC [181]. Actualmente se encuentra en estudio una nueva generación de DVB-RCS.

El uso de tecnologías basadas en DVB-RCS para proveer servicios de banda ancha en zonas apartadas se ha estudiado ampliamente. La región amazónica como caso concreto se ha estudiado en [182] por el impacto de las fuertes lluvias en el enlace satelital en la banda Ka, fenómeno ilustrado en la Tabla 10.1. El uso de DVB-RCS/S2 en servicios de VoIP para zonas apartadas se propone en [183], con una configuración híbrida usando enlaces inalámbricos WiMAX y satelital. En [184] se presenta una aplicación de DVB-RCS en sistemas de telemedicina. En la Guía de Tecnologías de Conectividad para Acceso en Áreas Rurales de la UIT [185], se destacan los sistemas VSAT usando DVB-RCS o IPoS junto con DVB-S2.

10.3.1.2. Servicios propietarios

El campo de los servicios satelitales móviles está dominado por servicios propietarios. Inmarsat³ sigue a la cabeza con la red BGAN (Broadband Global Area Network) de 3 satélites geoestacionarios. BGAN garantiza una conexión de banda ancha de hasta 450 kbps a través de un terminal BGAN desde cualquier lugar del globo (excepto los polos), siempre que haya línea de vista con el satélite. El canal satelital utilizado es de la banda L de frecuencias, y los protocolos de comunicaciones utilizados en las capas física y de enlace son propiedad de Inmarsat.

10.3.2. Barreras y oportunidades en la comercialización de los servicios satelitales

A pesar de que las soluciones propietarias siguen dominando el mercado de las comunicaciones via satélite, el estándar DVB-RCS continua fortaleciéndose entre los fabricantes y proveedores de equipos y redes satelitales (i.e. Gilat), y la lista de equipos cumpliendo con el estándar va en aumento [186]. Así mismo, iniciativas europeas han venido impulsando el uso de DVB-RCS como alternativa de telecomunicaciones en zonas apartadas, para usos diversos a nivel europeo e internacional.

En particular en Latinoamérica, el proyecto BRASIL [187] (Broadband to Rural America over Satellite Integrated Links), exploró el potencial de las aplicaciones interactivas via satélite usando DVB-RCS. Diferentes fuentes fueron consultadas con el objeto de hacer un estudio de mercado y recomendar políticas de impacto que permitan el desarrollo del sector de las comunicaciones vía satélite en la región. Se consultaron organismos gubernamentales, proveedores de servicios de telecomunicaciones y soluciones satelitales, y agencias reguladores en varios países de Latinoamérica,

BRASIL identificó el mercado potencial para las soluciones satelitales de la región, dentro del cual se destaca el acceso de banda ancha para asistencia médica. Así mismo, el consorcio identificó las diferentes iniciativas regionales a nivel gubernamental, que están impulsando los servicios satelitales como alternativa para brindar acceso a

³<http://www.inmarsat.com>

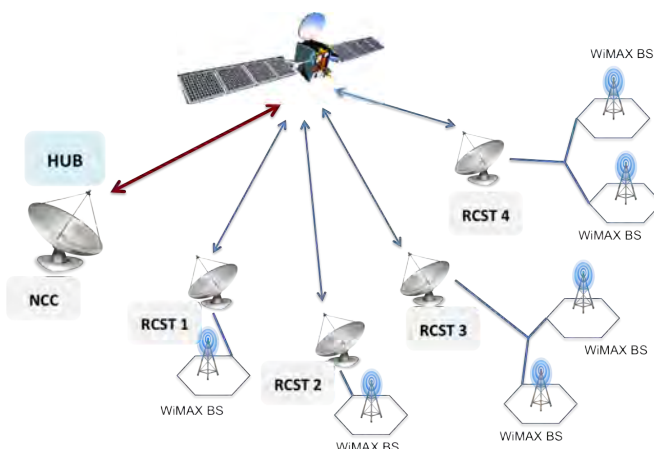


Figura 10.3.: Red híbrida para brindar banda ancha a zonas remotas [188].

la banda ancha en las zonas rurales. En BRASIL se destaca la participación de las proveedoras locales de servicios de telecomunicaciones en proyectos de lanzamiento de satélites como el Amazonas o el Telstar 14. Algunos de estos satélites ofrecen servicios en la banda Ku que permiten acceso a la banda ancha, un servicio hasta hace poco controlado por las operadoras de telefonía.

A pesar de que los servicios de banda ancha han crecido considerablemente en los países latinoamericanos, el grado de penetración sigue siendo menor comparado con Norteamérica o Europa. Grandes áreas poco pobladas del continente latinoamericano sin acceso a la banda ancha son potenciales beneficiarias de las soluciones satelitales. La Figura 10.3 muestra la propuesta presentada en [188], en la que el acceso a la banda ancha en zonas remotas es garantizada por una red inalámbrica local WiMAX conectada a una red satelital DVB-S2/DVB-RCS.

10.4. Ejemplos de redes satelitales para la mejora de la salud en zonas rurales de países en desarrollo

10.4.1. Satcom como alternativa para ofrecer servicios de telemedicina a zonas rurales apartadas

Las ventajas de los servicios de comunicaciones vía satélite se pueden resumir en [189]:

- Alcance global: es un servicio que no está sujeto a la densidad de usuarios. El área de cubrimiento del satélite garantiza el alcance sin importar la ubicación geográfica del usuario.

- Flexibilidad: fácil instalación con la posibilidad de uso de terminales transportables como el VSAT. Se requiere de poca infraestructura. Por lo mismo, es una solución idónea para soluciones de tipo temporal.
- Es una solución autosuficiente que no depende de la disponibilidad y operatividad de redes terrestres.
- El costo agregado de la geografía intrínseca del terreno y la ubicación del mismo se elimina.
- En casos de emergencias o desastres, la telemedicina se apoya en las redes satelitales para llegar a zonas aisladas y geográficamente complejas sin contar con una infraestructura de telecomunicaciones operativa.

10.4.2. Iniciativas

África

Organizaciones como la Unión Europea, la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), han estado involucradas activamente en proyectos que apoyan el uso de las redes satelitales para la mejora de la salud. En 2006, gracias a la iniciativa de la Comisión Europea y la ESA, se creó la llamada “*Telemedicine Task Force*”, con el objetivo principal de estudiar las oportunidades de la telemedicina en África y recomendar un plan de acción. Como parte de este grupo de trabajo surgió el proyecto “*Satellite-Enhanced eHealth & Telemedicine for sub-Saharan Africa, Demonstration Project*” [190]. Los proyectos piloto propuestos por este grupo buscan:

- Ofrecer contenido médico via satélite a trabajadores en el sector de la salud en zonas apartadas de la región subsahariana, para una continua formación profesional.
- Ofrecer servicios clínicos mediante el intercambio de información digital, sensores o voz, en zonas aisladas con alto número de pacientes con VIH/SIDA, tuberculosis, o malaria.

La referencia [191] detalla las oportunidades que presenta el uso de tecnologías satelitales en servicios de telemedicina en la región subsahariana. Algunos de los casos presentados en este documento incluyen:

- Proyecto *IKON Mali*: permite el envío de imágenes de radiología de centros de salud rurales a especialistas a través de redes de telecomunicaciones. De esta forma, el especialista puede dar un telediagnóstico temprano y los pacientes de zonas rurales apartadas tienen acceso a especialistas, en su mayoría ubicados en la capital, Bamako. Debido a la poca penetración de Internet y de líneas telefónicas fijas en Mali, un proyecto piloto planeaba incorporar en 2009 comunicaciones satelitales para interconectar los centros de salud.
- *Uganda Health Information Network*: permite el intercambio de información médica y consultas entre profesionales de la salud. Desde sus inicios (1992), la

tecnología satelital fue fundamental para esta red, con el uso de satélites LEO, pero fue desplazada por la evolución de las redes de comunicación móviles. Sin embargo, la necesidad de expansión del sistema a zonas remotas donde no hay infraestructura de telefonía móvil ha vuelto a darle relevancia al servicio satelital.

- El programa de supervisión de malaria de Nigeria (*The Nigerian Malaria Surveillance programme*) utiliza los servicios satelitales para estudiar y monitorear los cambios meteorológicos y geográficos que puedan estar relacionados con el riesgo de contagio de la malaria.

Otros ejemplos ilustran aplicaciones de teleeducación en Kenia y Uganda, o la posibilidad de brindar tratamiento antirretroviral a los pacientes de SIDA en Ruanda. En este último caso, la red satelital es vital ya que Ruanda no está conectada a la red internacional de fibra óptica.

10.4.2.1. Asia

La Organización de Investigación Espacial de India (ISRO) ha iniciado proyectos piloto enfocados en la aplicación de la tecnología satelital para la salud y la educación [192]. Dentro del programa rural GRAMSAT, se pretende enlazar hospitales en zonas remotas y de difícil acceso en la geografía india, con hospitales ubicados en ciudades con personal especializado. Las comunicaciones se hacen posible a través del satélite nacional indio INSAT.

En India también se han implementado servicios de telemedicina móvil. Una unidad de telemedicina móvil cuenta con el equipo médico necesario, así como los dispositivos que facilitan los servicios de telemedicina, y un sistema VSAT que garantiza las comunicaciones.

El uso de las comunicaciones satelitales al servicio de la mejora de la salud en India y África se ha visto como una solución muy poderosa en regiones con poca densidad de población y escaso personal de salud especializado para atender las necesidades de las comunidades. En [193] se estudia la posibilidad de tener un satélite dedicado para suplir las necesidades de las zonas rurales de Asia y África, y así poder proporcionar servicios de salud a distancia.

10.4.2.2. Latinoamérica

El sistema AmerHis [194], nacido de una iniciativa de la ESA y liderado por Thales Alenia Espacio de España, permite brindar banda ancha a las regiones cubiertas por el satélite Amazonas de la operadora Hispasat. Este sistema es totalmente compatible con los estándares DVB-RCS y DVB-S, permitiendo así la provisión de servicios IP. La Figura 10.4 muestra la arquitectura del sistema, del cual se destaca la posibilidad de comunicaciones regenerativas, mencionada en el apartado 10.1.3.

El proyecto T@HIS [195], financiado por la ESA, se enfocó en proveer servicios de telemedicina en zonas rurales de difícil acceso en Latinoamérica. Tres estaciones remotas

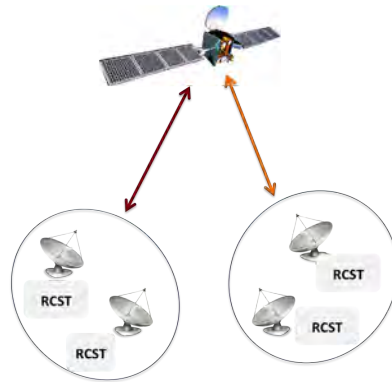


Figura 10.4.: Comunicaciones regenerativas con el sistema AmerHis.

en Brasil fueron interconectadas con una central en Porto Alegre usando el sistema AmerHis (Figura 10.5). La conectividad se garantizó con terminales DVB-RCS en cada nodo, dejando al nodo central como la puerta de acceso a Internet. T@HIS ofrece una plataforma en la que es posible hacer trabajo de diagnóstico colaborativo, así como transferencia y análisis de información médica via satélite. Esta información médica se puede presentar en forma de imágenes bidimensionales, videoconferencias, así como documentos médicos de consulta en general.

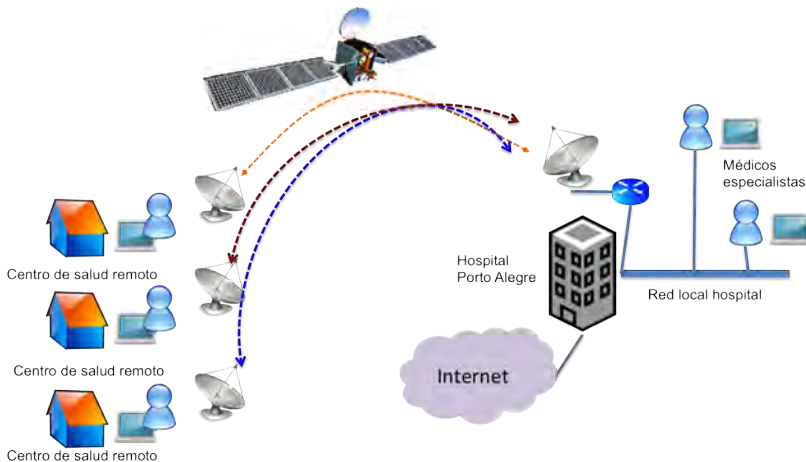


Figura 10.5.: Arquitectura de la red implementada en T@HIS.

Haciendo uso de la tecnología de AmerHis, el proyecto MedNET [196], financiado parcialmente por el Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea, ha desarrollado una red médica que busca proveer servicios de mejora de la salud a zonas rurales de la Amazonía peruana y brasileña. Las dos principales aplicaciones de MedNET son la teleconsulta y el manejo y administración de una base de datos de pacientes. Las imágenes médicas se pueden adquirir, almacenar, administrar y acceder remotamente,

lo cual permite la teleconsulta con apoyo en un repositorio de datos médicos.

Las zonas escogidas en MedNET no tienen acceso a comunicaciones de banda ancha, por lo que presentan un escenario idóneo de implementación de un sistema de comunicaciones satelital con las capacidades de AmerHis.