

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



XVIII Simposio Internacional de Ingeniería Eléctrica. "SIE 2019"

Estándar DOCSIS 3.1 -HFC.

DOCSIS 3.1-HFC standard.

Boris Luis Gómez Gálvez, Zaida Carrazana Cuzán

1-Boris Luis Gómez Gálvez. ETECSA DTSUR País: Cuba Email: boris.gomez@etecsa.cu

2- Zaida Carrazana Cuzán. ETECSA DTES País: Cuba. E-mail:

zaida.carrazana@etecsa.cu

Resumen:

La especificación de interfaz para servicios de datos por cable (DOCSIS 3.1) es un estándar de transmisión de banda ancha para servicios de datos IP. Define un canal de subida y bajada que permite la comunicación bidireccional entre un sistema de terminación de módem de cable (CMTS) en la cabecera del cable y un módem de cable (CM) de abonado. El objetivo de este trabajo es conocer las posibilidades que ofrece la tecnología DOCSIS 3.1 en el mejoramiento de las capacidades de ancho de banda y optimización de las redes de cable para los servicios de audio, video y datos. Para ello se realiza una caracterización de este estándar en la redes HFC; mostrando su evolución y los principales logros alcanzados en cada versión.

La metodología y el avance más importante de DOCSIS 3.1 se sustenta sobre el uso de la protección contra errores LDPC (low density parity check), del estándar de TV de la

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



segunda generación, en combinación con la robusta modulación OFDM, siendo tan potente que hace posible implementar constelaciones como 4096QAM con DOCSIS 3.1.

En el trabajo que se presenta se muestran los avances que se ha alcanzado hasta la fecha la tecnología DOCSIS 3.1 en su papel por el fortalecimiento de las redes de cable en su lucha contra las redes tradicionales de Fibra Óptica y DSL en la introducción de los nuevos servicios multimedia en alta definición y formato “Triple Play”.

Abstract:

The interface specification for cable data services (DOCSIS 3.1) is a broadband transmission standard for IP data services. Defines an up and down channel that allows bidirectional communication between a cable modem termination system (CMTS) at the cable header and a subscriber cable modem (CM). The objective of this work is to know the possibilities offered by DOCSIS 3.1 technology in the improvement of bandwidth capabilities and optimization of cable networks for audio, video and data services. To do this, a characterization of this standard is carried out in the HFC networks; showing its evolution and the main achievements in each version.

The methodology and the most important advance of DOCSIS 3.1 is based on the use of the LDPC (low density parity check) error protection, of the second generation TV standard, in combination with the robust OFDM modulation, being so powerful that it makes possible to implement constellations such as 4096QAM with DOCSIS 3.1.

The paper presented shows the progress that has been made to date in DOCSIS 3.1 technology in its role for the strengthening of cable networks in their fight against traditional Fiber Optic and DSL networks in the introduction of new multimedia services in high definition and "Triple Play" format.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Palabras Clave: DOCSIS 3.1; modulación OFDM

Keywords: DOCSIS 3.1; OFDM modulation

1 Introducción

Las tecnologías de acceso de banda ancha han experimentado un aumento importante de prestaciones en los últimos años, consiguiendo que se puedan ofrecer todo tipo de servicios, incluso los más exigentes, como son la distribución de televisión, la descarga de contenidos o los juegos de alta interactividad.

Junto con las tecnologías de acceso, se estudian las aproximaciones actuales hacia la convergencia de redes, en un contexto en el que los operadores buscan ofrecer paquetes de servicios cada vez más completos (telefonía, televisión e internet), con el objetivo de mejorar su posición competitiva y captar nuevos clientes.

Tradicionalmente los Sistemas de Televisión por Cable utilizan cable coaxial de extremo a extremo para llevar hasta sus abonados las señales de audio, video y datos. El cable coaxial fue utilizado por varios años debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero actualmente su uso está en declive debido en gran medida a la utilización de medios más eficientes como la fibra óptica. De esta forma los Sistemas de audio y video por suscripción han incluido en parte de su red, fibra óptica, dando paso a las redes Híbridas Cable Coaxial-Fibra óptica, HFC Hybrid Fiber Coaxial).

El despliegue de la banda ancha en todas sus modalidades ha dado un giro a la provisión de Internet así como las necesidades de navegación. Alrededor del mundo la

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



mayoría de usuarios todavía se conectan a través del par de cobre, es decir, soluciones ADSL, aunque la tendencia hacia el cable coaxial y fibra óptica ha crecido.

La conexión final hacia los usuarios en las redes de cable para la televisión e Internet en la actualidad representa un cuello de botella que dificulta las transmisiones a altas velocidades. En su mayoría, estas redes están constituidas por fibra óptica y coaxial, ayudándose de amplificadores, convertidores ópticos, elementos pasivos y otros dispositivos que hacen posible el uso de esta tecnología, la cual se denomina red Híbrido de Fibra y Coaxial (Hybrid Fiber Coaxial, HFC). A partir del amplio uso que tienen estas redes y por lo eficiente que han llegado a ser se creó en 1997 el estándar denominado Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable (Data Over Cable Service Interface Specification, DOCSIS), con el objetivo de acelerarlas y hacer que cumplan con las expectativas de los consumidores. Además, este estándar especifica entre otros elementos la infraestructura completa de comunicación para conexiones IP, las diferentes capas y transmisiones de datos bidireccionales en la red de cable. DOCSIS ha evolucionado desde su primera versión DOCSIS 1.0 (1997) hasta la más actual DOCSIS 3.1 (2015), dando solución a todas las exigencias que en su momento constituían retos para este tipo de redes.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



2 Metodología

2.1 Evolución de las redes de Televisión por Cable (CATV)

A finales de los años 40's surgieron en Estados Unidos lo que se podría denominar como las primeras redes de televisión por cable. En Europa las primeras redes de televisión por cable aparecieron en los años 80. Estas originalmente fueron concebidas para proveer servicio de televisión terrestre de forma local y como soporte a los servicios de televisión analógica por suscripción, sin embargo la evolución tecnológica hoy en día ofrece muchos más servicios y funcionalidades.

Tradicionalmente los Sistemas CATV utilizaban cable coaxial de extremo a extremo para llevar hasta sus abonados las señales de audio, video y datos. El cable coaxial fue utilizado por varios años debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero actualmente su uso está en declive debido en gran medida a la utilización de medios más eficientes como la fibra óptica.

Con el incremento de los servicios sobre las antiguas redes de cable coaxial, la necesidad de cubrir distancias mayores y el constante aumento de clientes, a los operadores de cable se le presentan las siguientes necesidades: el perfeccionamiento de las redes de cable coaxial que trajo como consecuencia la incorporación de las tecnologías asociadas a la fibra óptica dando lugar a las redes Híbridas Cable Coaxial-Fibra Óptica, HFC.

Actualmente la televisión por cable es una industria consolidada y adaptativa que se ha transformado de acuerdo a la evolución tecnológica y que aún tiene muchos retos y oportunidades de negocio por explotar.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



2.2 Redes HFC

Las redes HFC permiten, entre otras cosas, la sustitución de elementos activos en las redes, aumentando calidad y disponibilidad de la señal ofrecida. Sin embargo en un inicio únicamente fueron concebidas para la recepción de señales a fin de reproducirlas en un televisor, además no permitían el envío de información adicional a través de la red.

En este escenario las redes de televisión por cable han tenido su propia evolución, potencializándose a través del uso de redes híbridas HFC, con la finalidad de convertirse en un servicio competitivo tanto con la optimización del equipamiento como en la variedad de aplicaciones que soporta.

Una red HFC no presenta una arquitectura tan diferente que su predecesora de cable coaxial, en realidad constituye una actualización de esta a través de la introducción de fibra óptica hasta la cabecera y los nodos de distribución. Se puede identificar cuatro partes principales: Head End (Cabecera), Red Troncal, Red de Distribución y Red Interna de Suscriptores, en donde se combinan elementos pasivos o activos.

Generalmente se emplea fibra óptica para la Red Troncal, eliminando varios elementos activos mejorando la calidad de la señal transportada; a partir del receptor óptico se emplea cable coaxial y amplificador de RF en los dos sentidos. En la siguiente figura 1 se muestra su arquitectura.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

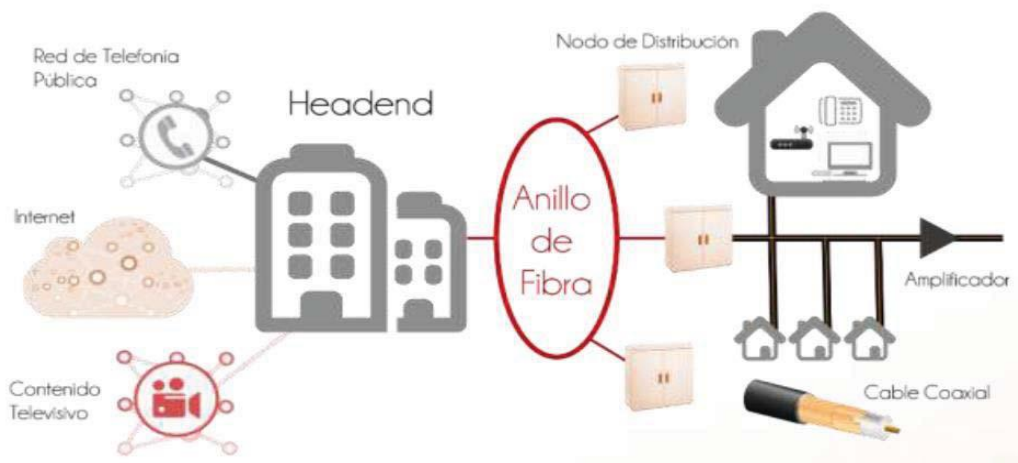


Figura 1. Estructura de una red HFC.

2.3 El potencial de las redes HFC

El ritmo de vida actual donde resulta cada vez más cotidiana la conexión a Internet, demanda que los servicios de telecomunicaciones sean convergentes y a la vez las redes que los soportan.

Con la introducción del concepto de banda ancha en el escenario de las telecomunicaciones, la percepción de las necesidades y gustos del usuario ha evolucionado. Así por ejemplo, el video bajo demanda (VoD), el pay per view (PPV), la videoconferencia, la telebanca, la telecompra, entre otros, se han convertido en las aplicaciones preferidas por los usuarios, todas estas provistas sobre la nube.

Este y otros factores han contribuido a que cambiemos nuestro modo de utilizar y entender el internet, el cual ya está presente en todos los ámbitos de nuestro día a día y nos permite disfrutar de nuevos servicios que van más allá del simple acceso a Internet.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Las redes HFC se convierten en una alternativa plenamente viable desde varios aspectos:

- *Reutilización de la red física ya implementada.*
- *Reducción de costos de inversión.*
- *Promueve la convergencia tecnológica y de red.*
 - *Posibilidad de una migración parsimoniosa hacia FTTH (Fibra hasta la casa o Hogar, Fiberto The Home).*
 - *Convergencia de equipos, puesto que cada versión nueva y mejora que se proponen es plenamente compatible con sus predecesoras.*

Con estas consideraciones, se considera que la utilización de redes HFC para la provisión de servicios adicionales a la televisión por suscripción, es una opción adecuada.

Teniendo en cuenta que la red HFC fue concebida para la transmisión de señales de televisión, los proveedores mantendrían la oferta de dicho servicio. Además la implementación decanal de retorno permite al operador ofrecer nuevas funcionalidades a sus usuarios como el Parental Control, firewalls, entre otros.

La convergencia tecnológica que se experimenta en el mundo, ha transformado los hábitos de consumo de los usuarios de contenidos audiovisuales, que cada vez más privilegian su acceso a través de plataformas por Internet, como los servicios over-the-top(OTT). Una de las fortalezas de servicios como Netflix, ClaroVideo, Veo, entre otros es la ubicuidad desde diferentes dispositivos como computadoras, smartphones, tablets o smart TV.

El usuario de hoy tiene a su disposición una gama de servicios a los que puede acceder, como canales de alta definición, streaming de vídeo y una proliferación de

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



aplicaciones para multipantallas. Como resultado, los clientes demandan nuevas experiencias, para lo cual requieren cada vez una mayor capacidad y rendimiento de las redes de acceso híbrido de fibra coaxial. Es importante indicar que esta tendencia continuará su vertiginoso crecimiento, más aún cuando el Internet de las Cosas es el futuro inmediato de la tecnología.

Por tanto el reto de los cable operadores locales es convertir sus redes HFC en redes de acceso de calidad, con un rendimiento y capacidad de gestión eficientes, a fin de satisfacer las expectativas de los clientes. La figura 2 refleja la evolución, aparejada con los servicios, que tienen las redes HFC.

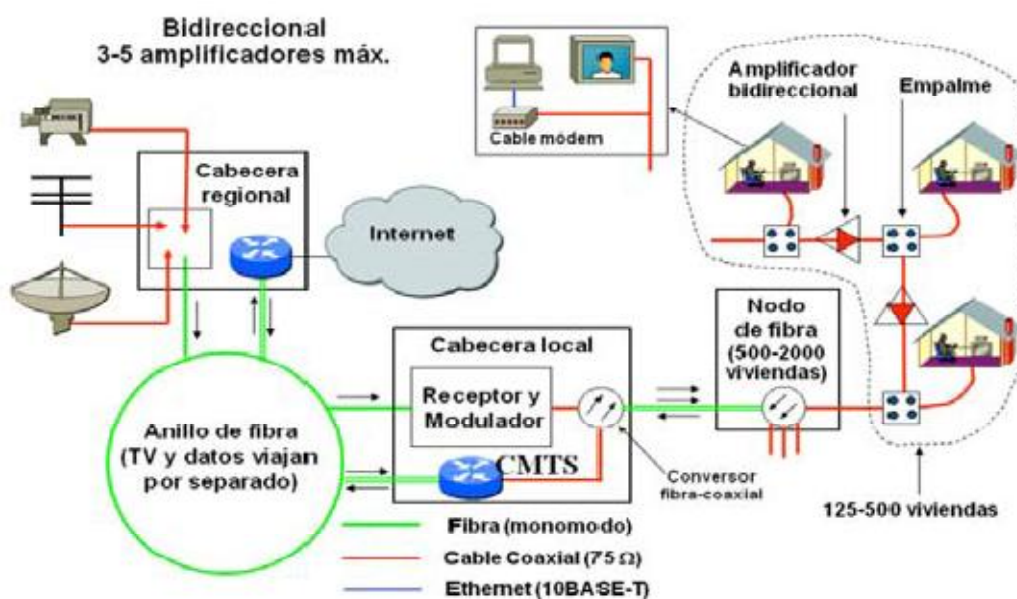


Figura 2. Topología de Red HFC para provisión de servicios multiplay.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

1.1 Características generales DOCSIS

Se han establecido varias versiones del estándar debido a las diferencias regionales en el ancho de banda de televisión por cable. El estándar DOCSIS original americano trabaja con un ancho de banda de canal de 6 MHz mientras que el Euro DOCSIS europeo utiliza canales de 8 MHz.

Se han definido cinco generaciones de este estándar, cada una con mayor velocidad de transmisión que la anterior, desde que se adoptó inicialmente en 1998: DOCSIS 1.0, 1.1, 2.0, 3.0 y DOCSIS 3.1. La última generación, DOCSIS 3.1, fue publicada en octubre de 2013 y ofrece varias mejoras sobre sus predecesoras. Entre las innovaciones más importantes se incluye la corrección de errores LDPC, la modulación OFDM y grandes anchos de banda de canal de hasta 192 MHz en el canal de bajada y de hasta 96 MHz en el canal de subida. En la tabla siguiente se ofrece una comparativa de los parámetros fundamentales.

Tabla 1. Comparación de velocidades en la evolución del estándar DOCSIS.

	AÑO	MAXIMA VELOCIDAD (Downstream)	MAXIMA VELOCIDAD (Upstream)	OTRAS
DOCSIS 1.0	1997	42 Mbps	10 Mbps	Sin calidad de servicio
DOCSIS 1.1	199	42 Mbps	10 Mbps	Agrega calidad de servicio, fragmentación, concatenación, supresión, encabezamiento, aprovisionamiento seguro.
DOCSIS 2.0	2001	42 Mbps	30 Mbps	Aumenta ancho de canal de upstream y agrega modulación 64 QAM Incorpora "spread spectrum" en upstream con el SCDMA
DOCSIS 3.0	2006	+336 Mbps	+120 Mbps	incorpora el "bonding"

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA, CUBA.

DOCSIS 3.1 también establece nuevos rangos de frecuencias para los canales de bajada y subida. El rango de frecuencias global se ampliará en dos fases: primero hasta 1218 MHz y después hasta 1794 MHz.

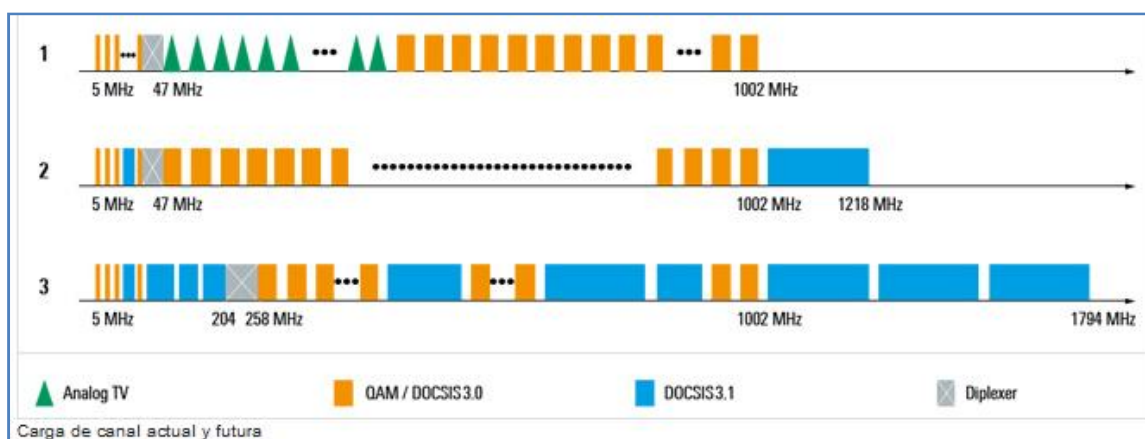


Figura 3. Carga de canal actual y futura de DOCSIS 3.1.

DOCSIS 3.1: Internet un 50% más veloz y eficiente

Se han definido cinco generaciones de este estándar, cada una con mayor velocidad de transmisión que la anterior, desde que se adoptó inicialmente en 1998: DOCSIS 1.0, 1.1, 2.0, 3.0 y DOCSIS 3.1. Pasando de velocidades máximas de 38 Mbps de bajada y 9 Mbps de subida, hasta el último estándar publicado que habla de velocidades máximas de 10.000 Mbps de bajada y 1000 Mbps de subida.

DOCSIS 3.1, fue publicada en octubre de 2013 y ofrece varias mejoras sobre sus predecesoras. Se presenta como la solución de cable coaxial definitivo para conseguir un Internet más estable, veloz y eficiente, con la que se pretende poner a las conexiones de cable a un nivel similar, o por lo menos con respecto a sus capacidades actuales, al de las redes puras de fibra óptica. Gracias a este nuevo estándar los usuarios, cada vez más

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



exigentes, podrán disfrutar de hasta 10 Gbps de descarga y 1 Gbps de subida, velocidades muy superiores a las disponibles actualmente.

Las principales mejoras respecto a sus versiones anteriores son las siguientes:

- Un 50% más de eficiencia en las conexiones por cable que su versión anterior.*
- Mayor velocidad e incremento del ancho de banda por cliente.*
- Mejora de la operativa y de la calidad de la red.*
- Más flexibilidad y mayor escalabilidad.*
- Mayor estabilidad ante interferencias.*
- Seguridad de autenticación reforzada con el nuevo PKI (Public Key Infrastructure).*

Las redes de cable actuales utilizan diferentes versiones del estándar DOCSIS. En la tabla 3 se muestran las diferencias entre DOCSIS 3.0 y DOCSIS 3.1 en el enlace ascendente y descendente.

	<i>Canal de bajada</i>	<i>Canal de bajada</i>	<i>Canal de subida</i>	<i>Canal de subida</i>
<i>Versión</i>	<i>DOCSIS 3.0</i>	<i>DOCSIS 3.1</i>	<i>DOCSIS 3.0</i>	<i>DOCSIS 3.1</i>
<i>Ancho de banda de canal</i>	<i>6 MHz o 8 MHz</i>	<i>De 24 MHz a 192 MHz</i>	<i>De 0,2 MHz a 6,4 MHz</i>	<i>De 6,4 MHz a 96 MHz</i>
<i>Modulación</i>	<i>portadora única</i>	<i>OFDM</i>	<i>portadora única</i>	<i>OFDM</i>
<i>Orden QAM</i>	<i>hasta 256 QAM</i>	<i>hasta 4096 QAM</i>	<i>hasta 64 QAM</i>	<i>hasta 4096 QAM</i>
<i>Método de acceso múltiple</i>			<i>TDMA</i>	<i>OFDMA</i>
<i>FEC</i>	<i>Reed Solomon</i>	<i>LDPC/BCH</i>	<i>Reed Solomon</i>	<i>LDPC/BCH</i>

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



3. Resultados y discusión

Los operadores que ofrecen servicios a través de HFC y DOCSIS 3.1 ya cuentan con una adición a la especificación que permite ofrecer velocidades simétricas de descarga y carga. Este factor no es menor teniendo en cuenta los nuevos hábitos de uso de los usuarios, donde la carga de contenidos se ha vuelto igual de importante que la descarga.

“En Estados Unidos, más del 90 por ciento de los hogares están conectados a una red HFC, y los consumidores generalmente tienen velocidades de descarga más altas que las velocidades de carga. Al habilitar Full Duplex DOCSIS, el tráfico ascendente y descendente puede fluir hasta 10 gigabits simultáneamente, duplicando la eficiencia del uso del espectro”, dice Phil McKinney, presidente y director ejecutivo de CableLabs.

Esta realidad no es exclusiva de Estados Unidos, si bien por la cantidad de usuarios accediendo a estas tecnologías es el mercado que hace girar la rueda evolutiva de DOCSIS. Los operadores de todo el mundo se ven continuamente retados a encontrar soluciones rentables para satisfacer esta creciente demanda de velocidades de banda ancha. Con un enfoque en la resolución de este desafío, dice BelalHamzeh, vicepresidente de investigación y desarrollo de tecnologías inalámbricas en CableLabs, la organización completó recientemente la especificación Full Duplex DOCSIS 3.1.

La tecnología Full Duplex DOCSIS 3.1 se basa en DOCSIS 3.1 de Cable Labs, que posibilitó los despliegues de 10 Gbps en sentido descendente y 1 Gbps en sentido ascendente. La tecnología Full Duplex 3.1 mejora el estándar DOCSIS 3.1 mediante el aumento significativo de la capacidad del tráfico ascendente, permitiendo la oferta de servicios simétricos de múltiples gigabits sobre la tecnología HFC existente como realidad virtual o aumentada.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Según Hamzeh, las redes actuales DOCSIS tienen que hacer “malabares” con el tráfico disponible en sentido ascendente y descendente. La tecnología Full Duplex DOCSIS admite servicios simétricos de múltiples gigabits habilitando transmisiones simultáneas en el mismo espectro, lo que brinda la posibilidad de aumentar la capacidad en sentido ascendente sin sacrificar la capacidad descendente. Esto tiene el potencial de mejorar en gran medida la eficiencia de la red y, a su vez, la experiencia del cliente, concluye.

CableLabs desarrolló esta solución en colaboración con sus miembros y socios. La tecnología Full Duplex DOCSIS 3.1 ofrece alta velocidad sobre la infraestructura existente y es menos costosa de implementar que la fibra, al tiempo que mantiene la compatibilidad hacia atrás con generaciones anteriores de tecnología DOCSIS. La tabla 6 siguiente resume lo fundamental acerca de los diferentes protocolos DOCSIS existentes hasta la presente fecha.

2.4 Principales parámetros a tener en cuenta para la implementación

En el caso de la transmisión de datos en DOCSIS 3.1 se hace más crítico el tiempo de retardo en la comunicación con el CM más distante, las micro reflexiones y la relación portadora ruido, sobre todo, se hacen más exigentes con el incremento de la complejidad de la modulación utilizada; por otra parte, la MER que en este caso, es afectada entre otras cosas por todas la intermodulaciones que se generan en los elementos activos. Además hay que tener en cuenta la expansión en cuanto a ancho de banda de esta variante en ambos sentido, la cual se extiende hasta 1.28 GHz y en un futuro próximo hasta 1.78 GHz de 1 GHz que tienen las redes en la actualidad, este cambio implica que tanto los dispositivos pasivos como activos de la red HFC tienen que responder a estas especificaciones así como al corrimiento de la banda de retorno hasta 204 MHz y además,

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



tener en cuenta la variación que sufren en la atenuación de los cable coaxiales y la ecualización con el aumento de la frecuencia de trabajo, cuya variación tiene que ser corregida por los amplificadores de la red.

2.4.1 Cambios necesarios en la parte óptica de la red.

Desde hace algún tiempo con el deterioro de los precios de la fibra óptica y las facilidades que brinda la mismas, su presencia en las redes de comunicaciones se ha multiplicado exponencialmente, en este caso en las redes HFC con la presencia de equipamiento DOCSIS3.1 no es la excepción. La penetración de la fibra óptica en las redes a coaxial mejora sustancialmente los parámetros de calidad de la red así como la pérdida de paquetes en las transmisiones de datos.

Equipamiento de cabecera.

En el equipamiento de cabecera óptico es importante el chequeo de las frecuencias de trabajo de la parte de RF de la parte activa de la misma, amplificadores, transmisores ópticos, receptores de canal de retorno y amplificadores de retorno que en su mayoría no cumplen con las especificaciones de frecuencia de trabajo de la nueva variante.

Es importante controlar el punto de operación de los amplificadores tanto el de entrada como el interno que tiene el transmisor óptico, en estos se afectan de forma directa las intermodulaciones y el índice de modulación óptica, así como estos mismos parámetros en el caso de los retornos provenientes de los abonados.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Línea de transmisión óptica.

En este aspecto, generalmente, no se pueden lograr mejoras significativas si se realizó un correcto montaje y se mantienen una buena supervisión y mantenimiento periódico de la traza, pero es necesario señalar que hay que tener en cuenta las mediciones de las fusiones existentes y de posibles atenuaciones adicionales que pueden provocarse por manipulaciones externas que estresan el cable de fibra óptica. En cuanto a los puentes en ODF de la red y los conectores terminales de las mismas se deben garantizar que sean de pulimento APC lo cual permite una menor pérdida, estos conectores tienen que ser supervisados periódicamente y establecido una política de mantenimiento de los mismos.

Nodo óptico.

En los nodos ópticos se encuentra la primera etapa amplificadora de la parte a coaxial de la red ya cerca de la acometida del abonado, por lo que es necesario al igual que los amplificadores de la red tener en cuenta el punto de operación de los mismos para afectar lo menor posible los parámetros de intermodulación que en estos se generan. Ya para la implementación plena de DOCSIS 3.1 se propone que el nodo óptico tenga que asumir no solo funciones de conversión de medios, sino que se le incorporen procesamiento digitales de la señal tanto en la capa física como en la capa de acceso al medio .

La adecuación de los nodos a la frecuencia de trabajo que se establece en DOCSIS 3.1 también es un reto que en este momento los fabricantes están asumiendo, de hecho implica un cambio de tecnología en la red y un incremento de los costos de operación, aunque se siguen fabricando con los requerimiento para las redes actuales, en la Figura 4 se muestra

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



un conjunto de nodos ópticos compactos que ya dan respuesta a los cambios necesario para la implementación de DOCSIS 3.1 sobre todo para el canal de subida. [21]






Compact node		<ul style="list-style-type: none"> • 1,006 MHz in the downstream • 204 MHz in the upstream • Pluggable diplex filters • 2-pilot control • HMS/DOCSIS transponder • PG 11 interface
Compact node		<ul style="list-style-type: none"> • 1,006 MHz in the downstream • 65/204 MHz in the upstream • 2-pilot control • HMS/DOCSIS transponder • PG 11 interface
Compact node		<ul style="list-style-type: none"> • 662 MHz in the downstream • 65/204 MHz in the upstream • HMS/DOCSIS transponder • PG 11 interface
Micro-nodes		<ul style="list-style-type: none"> • 1,006 MHz in the downstream • 65 MHz in the upstream • F interface
Mini-nodes		<ul style="list-style-type: none"> • 1,006 MHz in the downstream • 65 MHz in the upstream • F interface

Figura 4. Nodos ópticos compactos [7]

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



4. Conclusiones

DOCSIS es un estándar de transmisión de banda ancha por cable para servicios de datos IP. Define un canal de subida y bajada que permite la comunicación bidireccional entre un sistema de terminación de módem de cable en la cabecera del cable y un módem de cable de abonado.

Se han establecido varias versiones del estándar debido a las diferencias regionales en el ancho de banda de televisión por cable. El estándar DOCSIS original americano trabaja con un ancho de banda de canal de 6 MHz mientras que el Euro DOCSIS europeo utiliza canales de 8 MHz.

La migración de las redes HFC se encuentra armonizada a nivel internacional, ya que dispone de estándares como DOCSIS 3.0 y superiores, que establecen la interoperabilidad de las redes con antiguas versiones, así como las características técnicas del equipamiento requerido y la funcionalidad de los mismos. Además es importante mencionar que DOCSIS se encuentra en constante evolución, puesto que el objetivo es proveer mayores velocidades de acceso a Internet para los usuarios, equiparando las velocidades provistas por su competidor natural las redes FTTH.

La demanda cada vez mayor de ancho de banda causado por el incremento de tráfico de video y datos en América Latina, exige que los Operadores de Servicio Múltiple(MSO) consideren DOCSIS como la tecnología que les permitirá soportar estas necesidades y requerimientos.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Bibliografía

- [1] Ing. Hjalmar Ruiz Tückler, «Evolución del estándar DOCSIS», 01-oct-2016. [Online]. Disponible en: <https://www.laprensa.com.ni/2016/10/01/economia/2109816-evolucion-del-estandar-docsis>
- [2] «DOCSIS», Wikipedia, la enciclopedia libre. 03-mar-2018 [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=DOCSIS&oldid=105952730>
- [3] Ing. Luis Armando Moreno Valiño, «Procedimiento para la migración en redes Híbridas Fibra Coaxial al estándar DOCSIS 3.1», UCVV Marta Abreu [Online].
- [4] R. E. R. Hernández, "Propuesta de Integración de Servicios Multimedia en la Red Híbrida Fibra – Coaxial del Polo Turístico Cayo Santa María," in Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica. vol. Master SantaClara: UCLV, 2011.
- [5] ITU-T, "Second-generation transmission systems for interactive cable television services –IP cable modems, Recommendation ITU-T J.122," 2008.
- [6] B. V. H. J. Lambert, C. Blondia, "Queues in DOCSIS cable modem networks," 2007.
- [7] Kathrein, "Broadband Communication System," 2016.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



[8] M. P. Louis Litwin "The principles of OFDM," 2001.

[9] P. Macom, "Integrated Solutions Pico Digital," 2011.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu