



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia si mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DEL MODELO DE MEDICION DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONIA IP DE LA RED HFC

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA Y REDES DE INFORMACION

MIGUEL SANTIAGO ANDRADE LOPEZ

DIRECTOR: PhD. Luis Corrales.

Quito, 07 2009

tulo_com@hotmail.com
luisco@hotmail.com

DECLARACION

Yo Miguel Santiago Andrade López, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Miguel Santiago Andrade López

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Santiago Andrade López, bajo mi supervisión.

PhD. Luis Corrales
DIRECTOR DE PROYECTO

• Contenido	
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE FIGURAS.....	7
ANEXOS	8
Resumen.....	9
Presentación.....	10
CAPITULO 1.....	12
ESTRUCTURA DE LA RED DE TELEFONÍA SOBRE HFC (Hybrid Fiber Copper).....	12
1.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA HFC	12
1.2 ARQUITECTURA DE LA RED HFC	14
1.3 ELEMENTOS DE LA RED HFC.....	15
1.3.1 CABECERA (HEAD-END)	15
1.3.2 RED TRONCAL.....	16
1.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN	17
1.4 EQUIPOS DE LA RED HFC	18
1.4.1 CMTS (SISTEMA DE TERMINACIÓN DE CABLEMÓDEMS).....	18
1.4.2 CABLE MÓDEM	20
1.4.3 CLASES DE MÓDEM	21
1.4.4 LA TECNOLOGÍA SOFTSWITCH	22
1.5 SERVICIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA HFC.....	24
1.5.1 APLICACIONES	24
1.5.2 SERVICIOS HFC.....	27
1.5.3 SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE TV.	27
1.5.4 EL SERVICIO DE TELEFONÍA O SERVICIOS DE VOZ.	28
1.4.5 LOS SERVICIOS DE INTERNET Y DATOS.....	29
1.6 PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA RED HFC	29
1.7 ESTÁNDARES DE LA TECNOLOGÍA HFC.....	32
1.7.1 DOCSIS.....	32
1.7.2 DVB-RCC	37
1.7.3 EuroDOCSIS	37
1.7.4 OpenCable	37
1.8 SEGURIDAD EN LA RED HFC.....	38
CAPÍTULO 2.....	42
NORMA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES	42
2.1 INTRODUCCIÓN.....	42
2.2 OBJETIVOS.....	42

2.3 DEFINICIONES	43
2.3.1 DEFINICIONES GENERALES	43
2.3.2 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA UTILIZADA EN LA MATRIZ PARA OBTENER LAS NECESIDADES DE QoS DE LOS USUARIOS/CLIENTES.	43
2.3.3 OTRAS DEFINICIONES	47
2.4 ALCANCE.....	48
2.5 PRINCIPIOS GENERALES DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE QoS	48
2.6 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO DE REGULACIÓN DE QoS	50
2.6.1 PRINCIPALES ACTORES Y RELACIONES	50
2.6.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN	51
2.6.3 COMPROMISO	52
2.6.4 RECURSOS.....	52
2.7 PUBLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE QoS.....	52
2.7.1 PUBLICACIÓN DE LOS OPERADORES.....	53
2.7.2 PUBLICACIÓN DE LA SUPERTEL Y SENATEL	53
2.8 ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL	54
2.9 OTRAS FUNCIONES DE LA SENATEL	54
CAPÍTULO 3	56
MODELO DE MEDICION DE QoS EN BASE A LOS PARAMETROS DEL CONATEL	56
3.1 CARACTERÍSTICAS Y EXPECTATIVAS DEL SERVICIO VOIP.....	56
3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA VOZ SOBRE REDES DE PAQUETES.....	59
3.2.1 FACTOR DE COMPRESIÓN	59
3.2.2 PÉRDIDA DE PAQUETES.....	60
3.2.3 RETARDO (DELAY).....	61
3.2.3 ECO.....	62
3.2.4 VARIACIONES EN LA DEMORA (JITTER)	62
3.2.5 TAMAÑO DE LOS PAQUETES.....	63
3.3 MEDIDA DE LA CALIDAD DE VOZ EN REDES VOIP	63
3.3.1 MÉTODOS SUBJETIVOS	64
3.4 T-MODEL PARA LA MEDICION DE LA CALIDAD DE SERVICIO..	65
3.4.1 REGISTROS DETALLADO DE LLAMADAS (CDR)	67
3.5 OTROS MODELOS DE MEDICION DE CALIDAD DE SERVICIO	72
3.5.1 ITU-T P.862 (PESQ).....	72
3.5.2 ITU-T P.563	73

3.5.3 LA CALIDAD DE SERVICIO EN LA TELEFONÍA IP SEGÚN LA ARQUITECTURA PACKETCABLE.....	75
3.5.4 MODELO CONCEPTUAL DE QoS DE TELECOMUNICACIONES.....	77
3.6 PARÁMETROS DE QoS.....	80
3.7 REPORTE.....	82
CAPÍTULO 4	84
4.1 CONCLUSIONES.....	84
4.2 RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES DOCSIS.....	33
Tabla 1-2 TÉCNICAS DE MODULACIÓN PARA TRANSMISIÓN DE DATOS CON DOCSIS.....	33
Tabla 1-3 MODULACIÓN – VELOCIDAD – BW.....	36
Tabla 3-1 ALGORITMOS DE ESTANDARIZACIÓN DE COMPRESIÓN DE VOZ.....	60
Tabla 3-2 DEMORAS INTRODUCIDAS POR EL ALGORITMO DE MUESTREO.....	61
Tabla 3-3 MATRIZ PARA FACILITAR LA IDENTIFICACION DE LOS CRITERIOS DE QoS.....	79
Tabla 3-4 METODOLOGIA EMPLEADA PARA IDENTIFICAR LOS PARAMETROS DE QoS.....	81

INDICE FIGURAS

Figura 1-1 ARQUITECTURA DE RED HFC.....	15
Figura 1-2 HEAD END RED HFC.....	16
Figura 1-3 RED TRONCAL.....	16
Figura 1-4 ESTRELLA REDUNDANTE.....	17
Figura 1-5 RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL.....	17
Figura 1-6 ACOMETIDA DE USUARIO.....	18
Figura 1-7 RED INTERIOR DE CLIENTE.....	18
Figura 1-8 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET SOBRE HFC.....	21
Figura 1-9 ARQUITECTURA SOFTSWITCH HFC.....	24
Figura 1-10 ESQUEMA FUNCIONAL DE UNA RED CATV DOCSIS.....	34
Figura 1-11 ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN LA RED HFC.....	39
Figura 3-1 DETERIOROS DE LA VOZ EN UNA RED IP.....	58
Figura 3-2 CUATRO PUNTOS DE VISTA SOBRE QoS.....	78

ANEXOS

ANEXO 1.- GLOSARIO DE TERMINOS

**ANEXO 2.- NORMA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE
TELECOMUNICACIONES**

ANEXO 3.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VOCAL POR PERCEPCIÓN

**ANEXO 4.- MÉTODO BASADO EN UN SOLO EXTREMO PARA LA
EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA CALIDAD VOCAL**

Resumen

En la actualidad, la mayoría de empresas en el país no cuentan con un adecuado modelo para la medición de los parámetros de calidad de servicio, lo cual presenta problemas al momento de realizar el análisis del UPTIME de la red y cumplir con las normas impuestas por el ente regulador. Este proyecto tiene como objetivo principal el Diseñar un modelo de medición de QoS para telefonía fija en la red HFC.

En la elaboración del diseño propuesto, se parte del modelo actual con el que el CONATEL evalúa la calidad de servicio, y adicionalmente se consideran parámetros propios de la red HFC, para de esta manera y, en base de los resultados obtenidos en la simulaciones, definir el modelo que incluya los parámetros más relevantes para tener un dato certero de la calidad que se brinda a los clientes en los diferentes servicios.

Como resultado del presente trabajo se obtiene el modelo denominado T-MODEL, el mismo que se basa en la medición en tiempo real de los parámetros relevantes para determinar la calidad de servicios de telefonía fija, como son el Jitter, Latencia y Perdidas de paquetes; Dicho modelo es aplicado a una red de telefonía fija ya en producción, y como resultado del análisis de la calidad de servicio obtenidos, se pudo detectar los puntos de falla críticos que tiene la red y de esta manera formular propuestas para mejorar la disponibilidad de la misma.

Presentación.

El presente proyecto está encaminado a determinar un modelo teórico para medir la calidad de servicio de telefonía IP, sobre una nueva tecnología de acceso que, día a día se va posesionando cada vez más en el mercado de telecomunicaciones del país, la tecnología HFC (Híbridas Fibra Óptica-Coaxial).

Una red HFC es una red de cable que combina en su estructura el uso de la fibra óptica junto con el cable coaxial. Este tipo de redes representa la evolución natural de las redes clásicas de televisión por cable (CATV, *Community Antenna Television*).

Se toma en cuenta la infraestructura de red, por medio del cual se brinda este tipo de servicio, y a su vez es aquella que mayores problemas presenta al momento de recopilar información relevante para tener una percepción de la calidad de servicio que se otorga al abonado de telefonía; este tema está contemplado en el Capítulo I.

Si bien es cierto que existen otros modelos planteados para este fin por reguladores internacionales, como la ITU y la ETSI, se debe plantear un modelo específico que logre cubrir todos los parámetros propios de la red HFC, así como la relación de la señal al ruido, problemas propios de los Cable módems y MTA's, daños en CMTS y en los SoftSwitch's. La norma que se encuentra vigente en nuestro país se la menciona en detalle en el capítulo II.

En el Capítulo III, se diseña el modelo para medir la calidad de servicio, tomando en cuenta los parámetros propios de la red, como los recomendados en los estándares de telefonía sobre HFC, PACKETCABLE, Además se incluye los resultados de las simulaciones y las recomendaciones para lograr mejorar la disponibilidad del servicio de VoIP.

Finalmente en el Capítulo IV, se obtiene las conclusiones y las recomendaciones sobre este tema relevante para el servicio que brinda las diferentes empresas en el país, y que el ente regulador debería tomar en cuenta para comprobar la calidad de servicio que un abonado recibe y por el cual se está pagando.

CAPITULO 1

ESTRUCTURA DE LA RED DE TELEFONÍA SOBRE HFC (Hybrid Fiber Copper)

El presente proyecto tiene como objetivo principal analizar las características propias de la red HFC como una nueva tecnología de acceso de Internet de banda ancha, y a su vez las aplicaciones que se pueden ofrecer, como el de telefonía fija. En base a estas características y parámetros, se formula un modelo de medición de calidad de servicio de telefonía sobre la red HFC, a fin de cuantizar la calidad percibida por el abonado y cumplir con las disposiciones del CONATEL. Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se propone recomendaciones para subir el UP-TIME de la red de telefonía sobre HFC.

1.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA HFC

Las redes de acceso HFC (Hybrid Fiber Coaxial) constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV tanto de naturaleza analógica como digital.

La tecnología de acceso sobre HFC, se puede considerar como una tecnología de banda ancha madura, y utilizable, pero en continua evolución hacia la creación de una red completamente integrada, desarrollando paulatinamente mayores capacidades de acceso, integración de otras tecnologías, servicios y disponibilidad.

El mercado del cable en Ecuador, junto con el ADSL, han marcado el paso en el desarrollo de las telecomunicaciones y la sociedad de la Información en el país.

Actualmente existe una operadora de cable que provee de servicios de TV, Telefonía e Internet, a la mayoría de los principales núcleos urbanos del país.

La presencia de los sistemas HFC en Ecuador es muy reciente, no llegando ni a una década de vida operativa. En 1999 puede decirse que el cable inició su implantación con carácter general.

En la actualidad el servicio de cable esta en pleno auge y expansión. Pese a que deben hacer frente a TELMEX, referencia del mercado de las Telecomunicaciones en América Latina. Estas paulatinamente se están haciendo un espacio muy importante, posicionándose como la principal y única alternativa a los servicios del gigante Mexicano. Los últimos movimientos del sector están convergiendo hacia la agrupación en torno de las dos operadoras dominantes TVCABLE y TELMEX.

El servicio de las redes HFC se contempla como uno de los de mayor crecimiento en el mercado urbano.

La tendencia de las diferentes empresas del cable es la de sustituir progresivamente la planta de coaxial por fibra óptica, acercando la fibra hacia el usuario (FTTH, FTTC, EFM).

En las nuevas empresas que se implantan en la actualidad, la red troncal es de fibra óptica y la red de distribución es coaxial. A medida que el coste de los equipos ópticos sean más asequibles más se acercará la fibra óptica al usuario. En el país actualmente todavía no existen operadores que estén desarrollando este tipo de políticas.

El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, VPN's, etc.) mediante cablemodems es muy probable que se convierta en uno de los principales atractivos de estas redes y una fuente importante de ingresos, si finalmente no se convierte en la fuente principal. También soportarán aplicaciones multimedia y VoD (Video on Demand), videoconferencia, etc. requiriendo elevadas tasas binarias, capacidad que no esta disponible en cualquier sistema de acceso.

Paralelamente al despliegue de servicios de TV y datos, los operadores de las redes HFC están también altamente interesados en ofrecer telefonía a sus clientes, tanto residenciales como empresariales. Esta opción, además de reportar cuantiosos beneficios, supone también una apuesta tecnológica.

Dos opciones son posibles, integrar el servicio en la red de coaxial, multiplexando el tráfico telefónico en el ancho de banda disponible, o la solución conocida como overlay, que consiste en desplegar una red de par trenzado que haga las veces del bucle de abonado de cada usuario.

Pese a los elevados costes del despliegue de este tipo de redes, esta inversión puede ser amortizada mediante la prestación simultánea de una gran variedad de servicios. Los anteriormente comentados, TV, Internet y telefonía forman la matriz del servicio, pero servicios tales como alquiler de excedentes de la capacidad de transmisión del troncal de fibra (fibra oscura) o servicios de intranets, son muy interesantes para empresas e instituciones que requieran crear redes privadas virtuales o interconexión remota para servicios de datos y telefonía, y no requieren de infraestructura propia.

1.2 ARQUITECTURA DE LA RED HFC

Tras el éxito de las redes CATV, gracias a la introducción de la fibra en el troncal de red, se ha conseguido configurar redes con mayor capacidad, y mayor longitud. En la parte final de la red se mantiene la red de coaxial por ser mucho más económica que una red completa de fibra. Además permite obtener una red global con grandes capacidades de escalado en función de las necesidades que sean demandadas.

Estas son las denominadas redes HFC. Estas redes, presentan un Esquema de red mejorado como consecuencia de la existencia de fibra óptica. Mediante la introducción de ésta, se produce una reducción del número de amplificadores en cascada necesarios en la red, reduciéndose el ruido y distorsión en las señales transportadas. La fibra aumenta el ancho de banda de la red, lo cual la dota de una mayor flexibilidad y capacidad de servicio.

Las redes HFC están configuradas en forma de anillos multipunto, con diferentes jerarquías organizativas, forman un anillo primario de transporte, del que se despliegan anillos secundarios de fibra, y de los que salen las acometidas de la red de coaxial. En muchas ocasiones esta configuración o topología en anillo es más lógica que física, no cerrándose de manera real sino configurándose en enlaces bidireccionales que simulan los anillos.

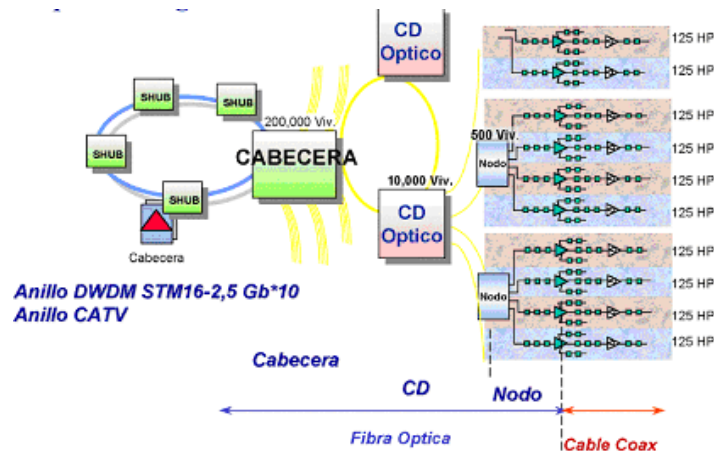


Figura 1-1 ARQUITECTURA DE RED HFC.

1.3 ELEMENTOS DE LA RED HFC

La topología de las redes HFC están basada en los siguientes elementos:

1. Cabecera
2. Red Troncal
3. Red de distribución

1.3.1 CABECERA (HEAD-END)

Es donde se recopila todos los canales de televisión a difundir por la red. Además en este nodo de cabecera se establecen todas las interconexiones, con otras redes de transporte fijas o móviles, así como los servidores de acceso a los diferentes servicios, y el servicio telefónico.

La cabecera suele formar parte de una red de transporte interurbano (SDH, generalmente), que consiste en una red óptica que interconecta las cabeceras de servicios de varias poblaciones, como soporte de transporte de los servicios prestados. Dentro de la cabecera se distinguen dos partes diferenciadas:

- *Cabecera de servicios*, que es el origen de las señales que se transmiten a través de la red. Contiene los equipamientos y sistemas que permiten a los operadores prestar de manera integrada todos los servicios.

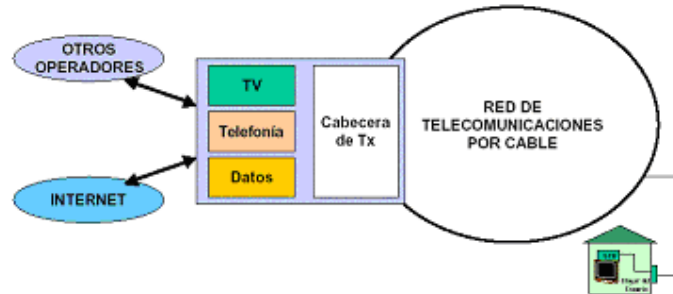


Figura 1-2 HEAD END RED HFC

- *Cabecera óptica o de transmisión*, que es el equipamiento óptico capaz de dar soporte a los servicios a transmitir en la red.

1.3.2 RED TRONCAL

Se encarga de llevar la señal desde los puntos de distribución hasta los puntos de distribución para el cliente final. Dicha red se puede diferenciar en tres partes en función de su cobertura y nivel de despliegue final, diferenciando:

- **Red Trocal Primaria:** es la red óptica que une la cabecera y los nodos Primarios. Suele seguir topologías en anillo o en estrella, mediante enlaces redundados. Dan cobertura a unos 15000 hogares.

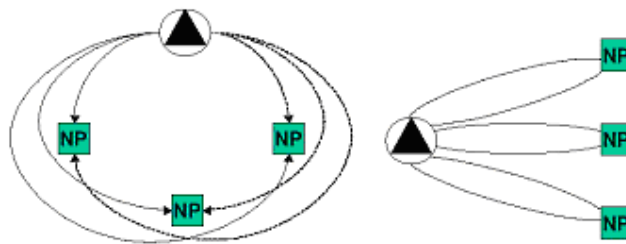


Figura 1-3 RED TRONCAL

- **Red Trocal Secundaria:** es una red óptica que une los nodos Primarios y los nodos Finales o nodos electro-ópticos. Estos poseen un nivel de cobertura de unos 500 hogares.

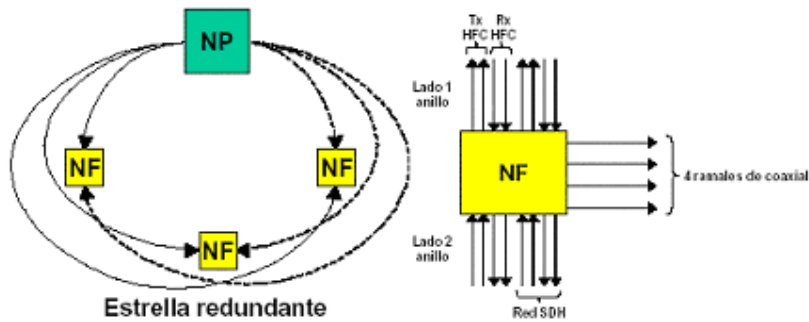


Figura 1-4 ESTRELLA REDUNDANTE.

1.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados. Dentro de esta se pueden diferenciar tres partes:

- **Red de distribución de coaxial:** es la red de cable encargada de la conexión del nodo Final con el TAP o Punto de Conexión de Red.

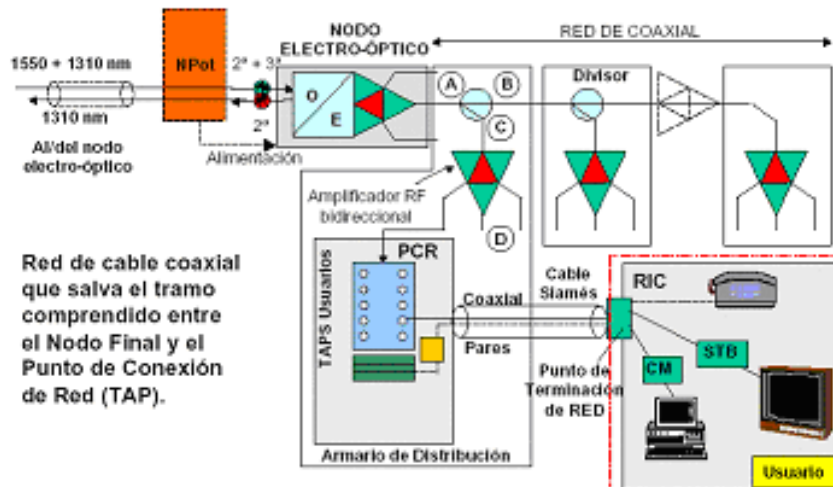


Figura 1-5 RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL

- **Acometida:** es la parte de la red HFC que salva el tramo entre el PCR (TAP y/o caja terminal de pares, en función del servicio telefónico dado), es decir el tramo de red en el edificio. Esta formada por equipamiento pasivo, como derivadores y repartidores de señal.

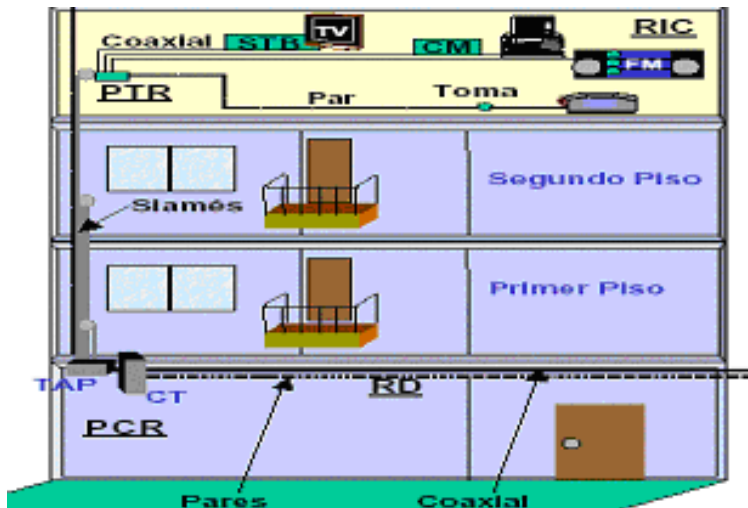


Figura 1-6 ACOMETIDA DE USUARIO

· **Red interior de cliente:** formado por el cable coaxial donde se distribuyen los servicios. También puede llegar un par trenzado si el servicio telefónico es overlay.

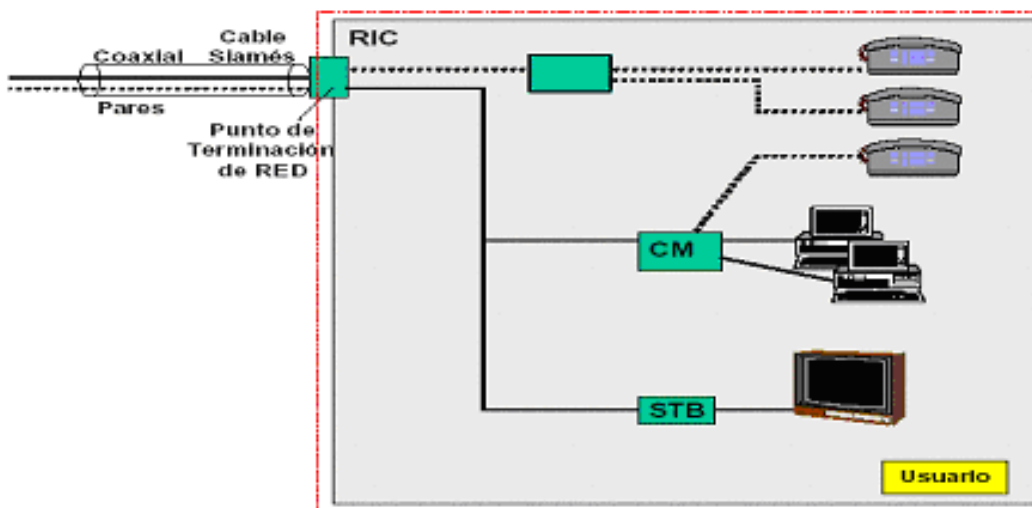


Figura 1-7 RED INTERIOR DE CLIENTE

1.4 EQUIPOS DE LA RED HFC

1.4.1 CMTS (SISTEMA DE TERMINACIÓN DE CABLEMÓDEMS)

CMTS son las siglas de Cable Modem Termination System (Sistema de Terminación de Cablemódem).

Es un equipo que se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable o Voz sobre IP, a los abonados.

Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad a un proveedor de servicios de red. En la parte de abonado de la cabecera, el CMTS habilita la comunicación con los cablemódems de los abonados. Dependiendo del CMTS, el número de cablemódems que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000, o incluso más. Una determinada cabecera puede tener entre media docena y una docena de CMTS (a veces más) para dar servicio al conjunto de cablemódems que dependen de esa cabecera.

Para entender lo que es un CMTS se puede pensar en un router con conexiones Ethernet en un extremo y conexiones RF (radiofrecuencia) coaxiales en el otro. La interfaz RF transporta las señales de RF hacia y desde el cablemódem del abonado.

La mayoría de CMTS tienen tantas conexiones Ethernet (u otras interfaces de alta velocidad más tradicionales) como interfaces RF. De esta forma, el tráfico que llega de Internet puede ser enrutado mediante la interfaz Ethernet, a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la compañía de cable.

El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cablemódem del domicilio del abonado. Obviamente, el tráfico que sale del domicilio del abonado pasará por el cablemódem y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Los CMTS normalmente solo manejan tráfico IP. El tráfico destinado al cablemódem enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que normalmente se modulan en señales QAM.

El tráfico de subida (upstream, datos del cablemódem hacia la cabecera o Internet) se transporta en tramas Ethernet (no MPEG), típicamente en señales QPSK.

Un CMTS típico permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, aparte de la IP, también suele asignar la puerta de enlace, servidores DNS, etc.

El CMTS también puede incorporar un filtrado básico como protección contra usuarios no autorizados y ciertos ataques. Se suele utilizar la regulación de tráfico para restringir las velocidades de transferencia de los usuarios finales. Un CMTS puede actuar como bridge o router.

El cablemódem de un abonado no puede comunicarse directamente con otros módems en la misma línea.

En general, el tráfico del cablemódem se enruta a otros cablemódems o a Internet a través de una serie de CMTS y routers. Evidentemente una determinada ruta podría pasar por un único CMTS. Un CMTS proporciona casi las mismas funciones que el DSLAM en sistemas DSL

1.4.2 CABLE MÓDEM

El elemento clave que permite que las redes HFC sean redes de transmisión bidireccional transparentes es el cablemódem (CM).

La función del módem de cable es convertir la red de cable CATV, en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad e Internet, ofreciendo hacia el usuario y hacia otras redes desde la cabecera, interfaces estándar.

Los cablemódems se conectan a la red HFC (PTR) mediante un conector de cable coaxial de tipo F, y al PC a través de una interfaz Ethernet 10BaseT. El PC ha de disponer, por tanto, de una tarjeta de red. Hacia el usuario se ofrece un estándar 10BaseT y a partir de la cabecera es posible escoger varios estándares disponibles: 10BaseT, 100baseT, Gigabit Ethernet, SDH, ATM, etc. Los módems funcionan como gateways, pasando de un protocolo Ethernet al protocolo particular de la red de cable.

En la cabecera se hará el proceso inverso, se convierte el protocolo del cable en algunos de los estándares disponibles, además de realizar ciertas funciones de control sobre el sistema. Los sistemas de módems de cable no suelen requerir una topología de red concreta, sino simplemente que se cumplan ciertas normas de calidad en la comunicación de extremo a extremo. Sin embargo, en la práctica puede resultar complicado, e incluso imposible, cumplir esas condiciones con una red enteramente coaxial.

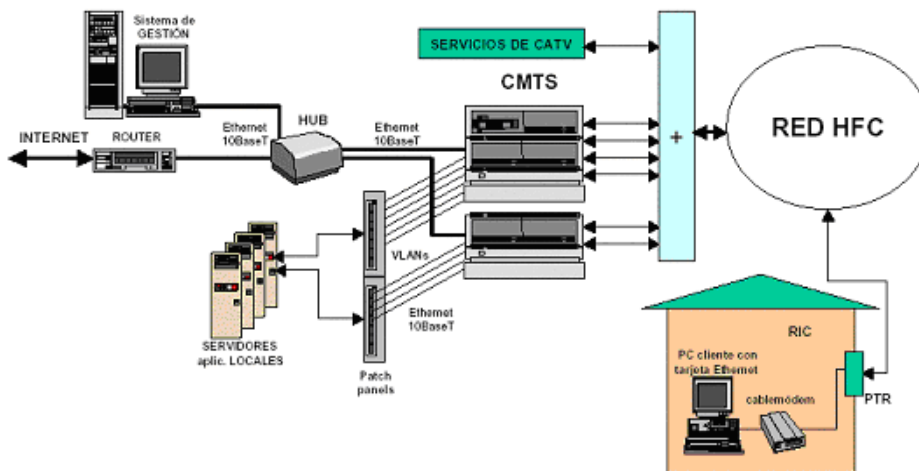


Figura 1-8 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET SOBRE HFC

1.4.3 CLASES DE MÓDEM

En principio los módems de cable fueron pensados para implementar los niveles físicos y de control de acceso MAC, siendo una vía transparente de comunicación de datos tipo red de área local. Algunos módems implementan funciones de red y de transporte que permiten construir distintos tipos de aplicaciones sobre ellos. Se pueden clasificarlos según esto en tres clases:

- a) Los que implementan el nivel físico y MAC de forma transparente, comportándose como simples puentes, dejando a elección del usuario el utilizar cualquier tipo de protocolo sobre ellos.
- b) Los que enrutan tráfico IP. Algunos sistemas de módems de cable tienen como objetivo el transportar tráfico IP de forma transparente entre los usuarios y cabecera, donde se instala un router que lo encaminará hacia un canal descendente o hacia otro destino en una red diferente.

- c) Modems basados en ATM. Estos fragmentan los paquetes de datos en celdas ATM (53 Bytes) y utilizan los protocolos de señalización para proporcionar diferentes clases de servicios. Este tipo de módems proporcionan: plataformas multiservicio, gestión de calidad de servicio, soporte VLAN's, integración datos y voz sobre ATM, acceso Ethernet en el módem y comportamiento de bridge transparente.

Aunque los módems de cable sirven para el transporte de datos con diversos fines, la mayoría de los sistemas se emplean para proporcionar acceso a Internet y Telefonía.

El MTA (Multimedia Terminal Adapter) es un equipo electrónico Inteligente con el cual se puede acceder a los servicios de Internet y Telefonía y opera en la red HFC.

Posee dos interfaces: lado cliente (interactúa con el CPE) y lado red (interactúa con los elementos de la red que hacen el control de la llamada). Permite las funciones de codificación, señalización y encapsulamiento necesarias para poder convertir la voz en un paquete del tipo IP.

Es fundamentalmente un Cable Modem con funciones ampliadas; si las funciones de voz y datos se encuentran en una única unidad se la llama e-MTA (Embedded MTA). El e-MTA debe poseer como mínimo las siguientes conexiones hacia el lado cliente: 1 puerto de voz (línea POTS) + 1 puerto de datos (RJ-45 ó USB).

HFC especifica características de primera línea telefónica y especifica un codec vocal (vocoder) y sugiere algunos otros.

1.4.4 LA TECNOLOGÍA SOFTSWITCH

La industria telefónica tuvo un serio impacto con el advenimiento de Internet y de las tecnologías basadas en IP.

Las arquitecturas de conmutación de circuitos comenzaron a evolucionar hacia conmutación de paquetes, sin perder con ello las funcionalidades tradicionales que ofrecían las primeras. Todo lo contrario, se les agregaron características antes imposibles de implantar en las arquitecturas pasadas.

Por otra parte, las arquitecturas cuya inteligencia se hallaba centralizada, como en la telefónica en la cual toda la inteligencia reside en las centrales de conmutación, comenzaron a migrar hacia redes distribuidas donde la inteligencia se coloca en la periferia de la misma, como sucede con Internet.

Y finalmente, conforme la tecnología de VoIP comenzó a crecer y volverse más compleja, surgió la necesidad de contar con nuevas soluciones para la administración de las redes, de equipo con mayor potencia de procesamiento de llamadas y capacidad para establecer interfaces de señalización entre la red IP y la RTPC.

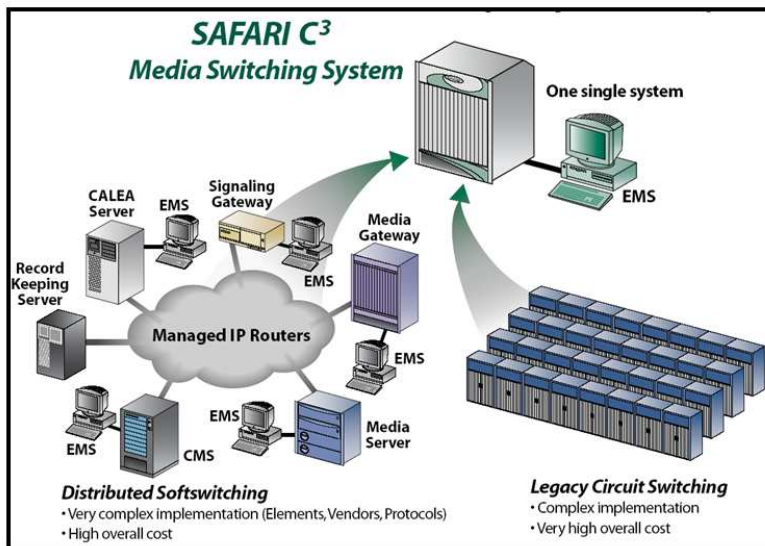
Adicionalmente, comenzaron a ser indispensables los sistemas que coordinaran la facturación, operaciones y funciones administrativas de la plataforma para controlar los servicios de valor agregado provistos al suscriptor.

Fue así como nació el concepto del Softswitch, una alternativa a la tecnología de centrales telefónicas para realizar funciones de acceso a la red, conmutación de llamadas y transporte del tráfico, además de otras funcionalidades que antes no se podían desarrollar en las centrales telefónicas tradicionales.

El softswitch permite mayor flexibilidad en la innovación de servicios sin tener que realizar cambios estructurales en la arquitectura del sistema.

Los fabricantes generalmente descomponen el softswitch en dos elementos: el Servidor de Administración de Llamadas y la Puerta de Enlace.

Se caracteriza por tener una arquitectura cliente-servidor, en oposición a la estructura centralizada de la telefonía convencional y se basa en estándares abiertos que permiten desarrollar nuevas aplicaciones por parte del proveedor de servicio o mediante la asociación con terceros.



*Figura 1-9 ARQUITECTURA SOFTSWITCH HFC

1.5 SERVICIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA HFC.

La tecnología HFC, destaca por ser una de las pocas tecnologías de acceso que es capaz de soportar todos los servicios demandados en la actualidad sin limitaciones considerables.

1.5.1 APLICACIONES

Las redes HFC, como redes que requieren de un cableado de fibra en su backbone de red, y un cableado de coaxial en la parte final de acceso, se ven altamente limitadas en su alcance máximo hasta el usuario.

Sin duda las redes HFC tienen más de redes Metropolitanas de área extensa (MAN o WAN regionales), para entornos urbanos y su periferia, que como red global de acceso para una región determina.

*Fuente CPC (Cedar Point Communication)

Así de esta manera el acceso HFC en zonas geográficas abruptas de difícil cableado o que requieran costos de despliegue elevados parece poco seguro por no decir improbable. De esta manera, las posibilidades de generalizar el servicio de acceso a través del cable a entornos rurales, o distantes de zonas urbanas densamente pobladas son muy complejas y costosas.

Sin embargo, inicialmente las redes CATV surgieron en los años 50-60 como medio de distribución generalizado de TV a puntos de difícil acceso donde la señal terrena no llegaba.

Las actuales características de los servicios de las redes HFC (Internet, VLAN's, Intranet, VoD y servicios interactivos) han generado la necesidad de algo más que una red activa de coaxial, sino son la fibra óptica y costosos equipos ópticos, los encargados de sostener tales servicios, y por lo tanto su despliegue no es tan factible como lo pudo ser hace 2 o 3 décadas (hablando de redes CATV de EE.UU y Europa Occidental).

Pese a ello el factor más limitante es la situación del mercado. Si este no da el respaldo suficiente, el crecimiento de la tecnología se re- lentizará.

Como ya se ha podido mostrar en el desarrollo anterior, las redes HFC son capaces de poder suministrar todos los contenidos demandados desde el mercado.

La tendencia actual lleva a considerar las redes HFC (Híbridas Fibra óptica-Coaxial) como las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño, y no al entorno rural, un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones.

Actualmente se encuentran operativas las siguientes

- a) Distribución analógica de TV analógica terrenal
- b) Distribución analógica de TV analógica por satélite
- c) Distribución analógica de TV digital por satélite

- d) Distribución de canales de radio FM
- e) Telefonía integrada.
- f) Servicios de pago por visión (PPV)
- g) Acceso a Internet (conmutado y mediante cablemódem)
- h) Servicios y Videojuegos interactivos.
- i) Acceso a bases de datos

Se prevé que se introducirán nuevos servicios sobre los actuales y estos son:

- j) Soporte transporte TV Digital
- k) EPGs.(Guías Electrónicas de Programación)
- l) nVOD, VOD (Video on Demand)
- m) DAB (Digital Audio Broadcasting)
- n) Videotelefonía a través del televisor.
- o) Banca-e, comercio-e.
- p) Teleadministración, demótica.
- q) Anuncios interactivos.
- r) Acceso a Internet a través del TV.
- s) Portales TV.

Las únicas redes de acceso que es capaz de soportar todos los servicios que actualmente se encuentran en funcionamiento son las redes HFC y EFM (Ethernet First Mile)

EFM es todavía una opción en creación y desarrollo, lo cual hace que la tecnología HFC se encuentre en una posición privilegiada para prestar los servicios que actualmente se encuentran operativos en redes MAN y WAN, convirtiéndose en operadores globales de gran cobertura.

Incluso es posible la integración futura de EFM en el grueso de las redes HFC, convirtiéndose en una opción integral y global de redes LAN, WAN y MAN. De esta manera, parece que HFC se encuentra en una posición ideal para plantearse como la solución global de acceso, pese a las limitaciones que anteriormente se han descrito.

1.5.2 SERVICIOS HFC

Una de las características que ofrece el HFC como método de acceso en las redes de telecomunicaciones es su capacidad ofrecer y soportar todos servicios por un único acceso y de forma integrada.

En el país la mayoría de la redes HFC superponen una red de transporte SDH de alta velocidad, que les capacita para todo tipo de servicios de transporte, acceso telefónico y de datos.

Los servicios clásicos de las redes HFC son la TV, telefonía y Internet, a los cuales se unen otros servicios interactivos como consecuencia de las características intrínsecas de las arquitecturas y tecnologías HFC.

1.5.3 SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE TV.

Estos servicios están relacionados con la difusión de señales de televisión analógica y digital. Las actuales técnicas de digitalización y compresión de vídeo permite la difusión de un mayor número de canales por la red. El servicio requiere una bidireccionalidad mínima y de baja capacidad al enviarse muy poca información por el canal ascendente hacia la cabecera.

Este servicio suele usar un Set Top Box o decodificador para adaptar las señales a los receptores de TV.

Las redes HFC permiten servicios como PPV donde se elige el contenido que se desea, previo pago de una cuota, y el servicio de VoD. Las redes HFC son sin duda las más adecuadas para este tipo de servicio, tanto por ancho de banda (permite hasta 30 canales de TV analógicos o 100 canales TV digitales), como por la posibilidad de interactividad por el canal de retorno.

1.5.4 EL SERVICIO DE TELEFONÍA O SERVICIOS DE VOZ.

El servicio de voz puede ser integrado en las redes de cable debido a la bidireccionalidad que provee el canal de retorno. Las comunicaciones de voz, debido a las características que presentan, requieren comunicación en tiempo real, baja latencia y ancho de banda constante mientras dure la transmisión.

Existen dos alternativas, la Telefonía integrada y la Telefonía Superpuesta u Overlay. En el servicio Telefonía integrada se hace uso de la propia capacidad de la red HFC para cursar el tráfico telefónico.

En esta arquitectura, el usuario dispone de dispositivo (puerto de voz) con interfaz de cable coaxial que convierte las señales telefónicas a señales RF para transmitir las a la red HFC.

En la cabecera existe un módem que modula y demodula (QPSK) el tráfico ascendente y descendente entre el puerto de voz y la cabecera.

Se usa el espectro entre 5 y 50 MHz para el canal ascendente coincidiendo con el canal ascendente para datos, quitándole capacidad. El canal descendente usa el espectro entre 375 MHz y 860 MHz.

La Telefonía superpuesta u Overlay, usa una red superpuesta (SDH generalmente) para llegar hasta las proximidades del usuario, llevando un canal de 64 Kbps. hasta cada usuario a través de un cable de pares (par gemelo o siamés), directamente desde el nodo final.

En los nodos de la red se multiplexan las señales en los tributarios estándar 2, 8, 34 y 140 Mbps. En la cabecera un conmutador local hace de interfaz entre la red Overlay y la red RTC de telefonía. Tiene como ventaja el no compartir el espectro con el canal de retorno, liberándolo para otros servicios.

Las redes HFC se adaptan a los servicios de voz con las mismas funcionalidades de las redes de conmutación de circuitos, pero la tendencia en todos los fabricantes es dar voz sobre IP (VoIP), que permite implementar nuevos servicios con menor coste y evita la dependencia de un solo operador.

1.4.5 LOS SERVICIOS DE INTERNET Y DATOS.

Se realizan a través los módems de cable, que son el interfaz que posibilita la transmisión y recepción de la información entre usuario y cabecera con velocidades del orden de Mbps.

Esta velocidad de acceso a las redes posibilita servicios como los de teletrabajo, telemedicina, videoconferencia, comercio electrónico, servicios web, que implican la transmisión de voz, datos, imágenes fijas o animadas y video digitalizado.

Estos servicios de banda ancha requieren bidireccionalidad, altas velocidades del orden de Mbps. y módems de cable configurables y gestionables desde la cabecera. Las redes HFC son adecuadas para los servicios de Internet y datos, a pesar de la limitación reparto de los 2 Mbps del canal de retorno entre todos los usuarios del canal.

1.4.6 SERVICIOS AVANZADOS E INTERACTIVOS

TV de alta definición y audio digital, al disponer de un ancho de banda descendente de alta capacidad. Servicios de juegos, teletexto interactivo, telecompra, telemetría, videojuegos interactivos, requieren interactividad y tiempos de respuesta pequeños entre los usuarios de la red.

La interactividad está garantizada y los tiempos de respuesta dependerán de los diferentes grados de interactividad de los diferentes servicios prestados.

1.6 PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA RED HFC

La arquitectura HFC utiliza diversos protocolos para establecer comunicación entre los elementos y redes que la conforman. La red de cable deja de ser un entorno puro de radiofrecuencia y se convierte en una entidad más compleja que involucra la administración de una red de datos y la interconexión con la red telefónica pública.

Algunos de los protocolos más comunes en la implantación de una solución HFC son los que a continuación se mencionan:

- a) **DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)** es la especificación que define los requerimientos de las interfaces involucradas en la transmisión de datos a alta velocidad en una red bidireccional de televisión por cable. Se requiere por lo menos la versión DOCSIS 1.1 para soportar la implantación de HFC.
- b) **RTP (Real-Time Protocol)** es un protocolo que abre dos puertos para establecer comunicación entre dos entidades, uno de ellos se utiliza para los paquetes de información y otro para el control.

Se utiliza conjuntamente con RTPC (Real-Time Control Protocol) que además agrega información relacionada con el retraso absoluto y la pérdida de paquetes, el jitter, el nivel de la señal, mide la calidad de la llamada y la pérdida de retorno, entre otros, y con esta información realiza un mejor control de la llamada para garantizar su calidad de servicio.

- c) **RSVP (Resource Reservation Protocol)** es el protocolo que garantiza la calidad de servicio de la llamada telefónica toda vez que administra el ancho de banda asignado a la comunicación mientras se lleve a cabo la transmisión de información y da prioridad a determinado tráfico IP.
- d) **H.323** es un protocolo para comunicaciones multimedia creado al mismo tiempo que SIP, pero que debido a su mayor y más pronta implantación en soluciones de VoIP, se convirtió en el estándar más utilizado para transportar tráfico en las redes que soportan servicios interactivos de voz, video y datos, en tiempo real, así como aplicaciones que requieren la interconexión con la RTPC. H.323 se concibió desde un principio para comunicaciones multimedia en redes IP y por ello ha sido una de las mejores opciones para este tipo de aplicaciones en redes de conmutación de paquetes.

- e) **SIP (Session Initiation Protocol)** es un protocolo de señalización y control para la capa de aplicación cuyo propósito es la creación, modificación y terminación de sesiones interactivas entre uno o más participantes activos. Las sesiones se establecen después de que los dispositivos involucrados acuerdan las características de la comunicación y se utilizan servidores Proxy para direccionar las solicitudes hacia el usuario indicado, para autenticar y autorizan el acceso a ciertos servicios, para que el proveedor de servicio implante políticas de direccionamiento de llamadas y habilite ciertas funcionalidades a los suscriptores. SIP opera con diferentes protocolos de transporte.

- f) **MGCP (Media Gateway Control Protocol)** es un protocolo de señalización y control empleado en HFC derivado de NCS (Network-Based Call Signaling) para redes cuya inteligencia está asociada a dispositivos de la misma red. Este protocolo define los mensajes y la manera en que interactúan para controlar los flujos de llamadas entre los MTA y diversos elementos de la misma red.

- g) **PAUSI (Parte de Usuario de la Red Digital de Servicios Integrados)** o (ISUP, ISDN User Part) es un sub protocolo de SS7 que se encarga de hacer funciones de señalización y control de llamadas en la RTPC. Se utiliza para la señalización fuera de banda entre el SG y el MGC; el MGC a su vez emplea estas señales para controlar al MG con el protocolo MGCP.

- h) **SS7** es el Sistema de Señalización No. 7 de Canal Común, un estándar de telecomunicaciones definido por la ITU que define los procedimientos y demás protocolos a través de los cuales todos los elementos de la RTPC intercambian información sobre la red de señalización digital. Realiza funciones de direccionamiento y control entre los usuarios y entre las centrales telefónicas.

Sin duda alguna, en la arquitectura HFC intervienen una gran variedad de protocolos encargados de establecer una correcta interacción entre todos los elementos que la componen.

1.7 ESTÁNDARES DE LA TECNOLOGÍA HFC

En la actualidad existen diferentes estándares de normalización asociados a los servicios de acceso de datos en las redes HFC. Estos servicios son principalmente los de datos y acceso a Internet. Los mismos están basados en los cablemódems, que son los equipos encargados de ser pasarela para convertir las redes de cable en redes transparentes para la transmisión de datos de alta velocidad.

En la actualidad existen tres tipos de normalizaciones diferentes: DOCSIS, EuroDOCSIS y DVB-RCC. Alrededor de 1997 tres estándares salieron. DAVIC/DVB fue el primero junto con el estándar Europeo, por detrás fue seguido por MCSN con el estándares Estadounidense (DOCSIS). IEEE vino después con la 802.14, y claramente perdió la primera de las iniciativas de estandarización. Aquí se destaca los estándares que están siendo operativos o lo han sido en el mercado.

1.7.1 DOCSIS

El DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) es un estándar definido por las industrias de la TV por cable para permitir la interoperatividad entre cablemódems y las cabeceras de las redes. Existen diferentes normalizaciones, como son:

- a) DOCSIS 1.0 :Servicio Best Effort de alta velocidad para acceso a Internet y datos.
- b) DOCSIS 1.1 :Múltiples clases de servicio y QoS para los servicios sensibles al retardo, como la telefonía. Sistema con doble velocidad (canal de retorno) y de bajo coste.
- c) DOCSIS 1.2: Usa tecnología S-CDMA(Synchronous CDMA), con mayores tasas de transferencia y tolerancia al ruido e interferencias.

- d) DOCSIS 2.0: Introduce soporte a servicios Simétricos y servicios Punto a Punto (PPP), servicios IP multicast y mayor inmunidad al ruido y la interferencia. Es un sistema abierto, compatible con los DOCSIS 1.0 y 1.1 Existen 200 tipos de módems de cable certificados con DOCSIS, de los cuales 40 son DOCSIS 1.1. Actualmente la tendencia de la tecnología es a integrar bajo un mismo equipo el puerto de voz, el cable módem y también el decodificador.

Estándar	Prestaciones	Servicios y beneficios
<i>DOCSIS 1.0 5 Mbps u/s</i>	<i>Especificaciones estándar</i>	<i>Alta velocidad de datos. Acceso a Internet</i>
<i>DOCSIS 1.010 Mbps u/s (retorno)</i>	<i>Calidad de servicio. Seguridad</i>	<i>Doble capacidad u/s (retorno). Bajo coste</i>
<i>Advanced PHY.30 Mbps u/s (retorno) DOCSIS 2.0</i>	<i>S-CDMA A-TDMA</i>	<i>Servicios simétricos. Punto a Punto. Busines-to-busienes(B2B)</i>

Tabla 1-1 COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES DOCSIS

DOCSIS suplementa los servicios de televisión analógicos, y cumple también los estándares de televisión analógica de América y los Estados Unidos. Estos poseen un canal de retorno de entre los 5-42 MHz, con canales de televisión de 6 MHz. Estándares Europeos de TV. EuroDOCSIS.

Modulación	Sentido	Bits/símb.	S/R mínima	Bits/símb. Shannon
QPSK	Asc.	2	> 21 dB	7
16 QAM	Asc.	4	> 24 dB	8
64 QAM	Asc./Desc.	6	> 25 dB	8,3
256 QAM	Desc.	8	> 33 dB	10,9

Tabla 1-2 TÉCNICAS DE MODULACIÓN PARA TRANSMISIÓN DE DATOS CON DOCSIS

QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

Velocidad de transferencia

Típicamente para usuarios particulares la velocidad está limitada (restringida) mediante un fichero de configuración que se descarga el cablemódem a través de TFTP cuando establece la conexión con la cabecera del proveedor.

Comcast, el mayor proveedor de cable de los Estados Unidos, limita la velocidad de bajada a 3300kbps y la de subida a 256kbps en las conexiones de usuarios particulares. En España las velocidades típicas están en torno a los 600kbps o 1Mbps de bajada y 150kbps o 300kbps de subida.

Un canal de bajada puede manejar hasta 1000 cablemódems. Cuando el sistema crece, el CMTS se puede actualizar con más puertos de bajada/subida. Si la red HFC es grande, se pueden agrupar los CMTS en hubs para una gestión eficiente.

Algunos usuarios intentan saltarse el límite de ancho de banda para conseguir acceso total al ancho de banda del sistema (a menudo 30Mbps) subiendo su propio fichero de configuración al cablemódem, este proceso se conoce como uncapping, que es siempre una violación de los términos del servicio, y frecuentemente de la ley.

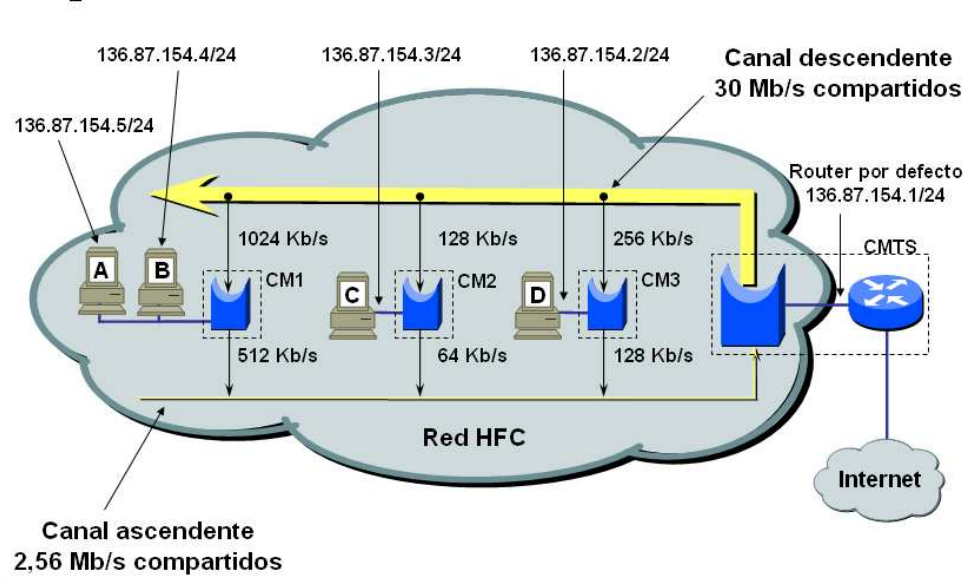


Figura 1-10 ESQUEMA FUNCIONAL DE UNA RED CATV DOCSIS

Capa Física Docsis Transmisión Downstream

Rango de frecuencias: 54 – 750 o 860 MHz

Modulación: 64 QAM – 256 QAM

Ancho del Canal: 6 MHz

Velocidad bruta: 30.34 Mbps – 40.44 Mbps

Transporte: Frames MPEG2 de 188 bytes

1 byte Sync + 3 bytes header + 184 bytes payload

Multiplexación : TDM = Time Division Multiplexing

Corrección errores : FEC = Forward Error Correction

Red Solomon Coding = 16 bytes

Total = 188 bytes mpeg2 + 16 bytes FEC = 204 bytes

Encriptación : DES = Data Encryption Standard

Capa Física Docsis Transmisión Upstream

Rango de frecuencias: 5 a 42 MHz

Modulación: QPSK – 16 QAM

Ancho del canal: Variable entre 200 KHz y 3.2 MHz

Velocidad Bruta: 320 Kbps - 10 Mbps

Transporte: Paquetes Ethernet de 18 – 1518 bytes

Multiplexación: TDMA Time Division Multiple Access

Minislots de 16 bytes largo nominal (puede ser mayor)

Corrección errores: FEC = Forward Error Correction

Niveles de Transmisión de Señal:

QPSK = 8 a 58 dBmV

16QAM = 5 a 55 dBmV

	Freq Range MHz	Channel Width MHz	Baud Rate MSps	Raw Bit Rate Mbps	Payload Rate Mbps
QAM-256 8 b/Sym	54-860	6	5.3605	42.88	38
	54-860	8	7.15	57.2	51
QAM-64 6 b/Sym	54-860	6	5.057	30.34	27
	54-860	8	6.74	40.44	36
QAM-16 4 b/Sym	5-42	1.6	1.28	5.12	4.6
	5-42	3.2	2.56	10.24	9
QPSK 2 b/Sym	5-42	1.6	1.28	2.56	2.3
	5-42	3.2	2.56	5.12	4.6

Tabla 1-3 MODULACIÓN – VELOCIDAD – BW

1.7.2 DVB-RCC

DVB-RCC (Return Channel Cable) fue definido para los STBs y extendido para facilitar a los cablemódems y Cabeceras (INA- Interactive Network Adapter) la compatibilidad con los Set-Top Box DVB desplegados hasta ese momento (basados en el estándar DVB-C).

Así este estándar es atractivo para el mercado europeo, ya que muchos de los operadores han desplegado activamente unidades basadas en DVB, con la consiguiente necesidad de adaptar sus redes a los nuevos servicios de datos.

El estándar se ha definido para ser soporte de clases de servicio best effort y higher-grade (baja latencia). El estándar además complementa los servicios de TV, cumpliendo los estándares de TV europea.

1.7.3 EuroDOCSIS

El EuroDOCSIS es un estándar nacido como extensión de DOCSIS, con el objetivo de cumplir los estándares europeos de televisión, y adaptarse así a las exigencias de estos. Fue creado con el objeto de que los operadores europeos de cable pudieran explotar los altos volúmenes de productos DOCSIS, que se comercializan desde 1998. Así los costes asociados a estos no se dispararían por problemas de compatibilidades y estandarización.

Este estándar provee de servicios y rendimientos similares a los prestados por DVB-RCC, si bien el nivel de integración con los STBs es ligeramente inferior. Así la adaptación es debida a que los estándares de TV europeos contemplan un canal de retorno de entre 5-62 MHz, y unos canales con un ancho de banda de 8MHz.

1.7.4 OpenCable

OpenCable es un estándar definido por la Cable TV industry (a través de CableLabs), para permitir la interoperatividad multivendedor entre Set-Top-Box y cabeceras Video.

OpenCable define una especificación hardware y software, creando una plataforma común para desarrollar servicios interactivos, salvando el problema de los sistemas operativos propietarios, en donde participan 90 diferentes compañías (ATT, Microsoft, Motorola, Philips, Siemens etc). Este estándar posee una amplia gama de servicios por combinar tanto a DVB como a DOCSIS.

Así combina las especificaciones para video digital de MPEG2, la capacidad de DVB para aplicaciones básicas de bajo consumo de ancho de banda, con la DOCSIS para aplicaciones IP de alto consumo de ancho de banda.

1.8 SEGURIDAD EN LA RED HFC

El tema de la seguridad en la red HFC es ciertamente complejo. Como se muestra en la siguiente imagen, la red de cable es un medio compartido en la cual los suscriptores deben contar con la seguridad de que sus transmisiones de voz y datos no puedan ser interceptadas, y los operadores deben prepararse para responder a robos de servicio, ataques de 'negación de servicio', 'hackers' y clonación de dispositivos, entre otros.

El robo del servicio no tiene efecto alguno en la operación de la red, únicamente consiste en recibir el servicio y no pagarlo. Sin embargo, el exceso de llamadas telefónicas consume ancho de banda de la red, sobre todo en el enlace ascendente, que pudiera ocasionar su baja disponibilidad en determinados momentos.

En cuanto a la negación de servicio, este ataque se hace en contra de un usuario específico o de un grupo de usuarios y las formas de realizarlo son tan variadas, que la única forma de controlarlo es hacer revisiones periódicas al sistema para analizar su comportamiento y desempeño.

A pesar de que la seguridad está presente en cada componente e interfaz de la arquitectura HFC la clonación de cablemódems para presentarse en la red como un usuario con determinados privilegios, fue una práctica común que se contrarrestó con la encriptación del tráfico entre el cablemodem y el CMTS, así como mediante la autenticación de certificados digitales en el cablemodem para controlar la disponibilidad de servicios al suscriptor.

Todo esto se logró con la introducción de BPI+ (Basic Privacy Plus) en DOCSIS 1.1 para ofrecer privacidad de datos en la red de cable y protección contra el robo de servicios mediante la encriptación de paquetes de datos.

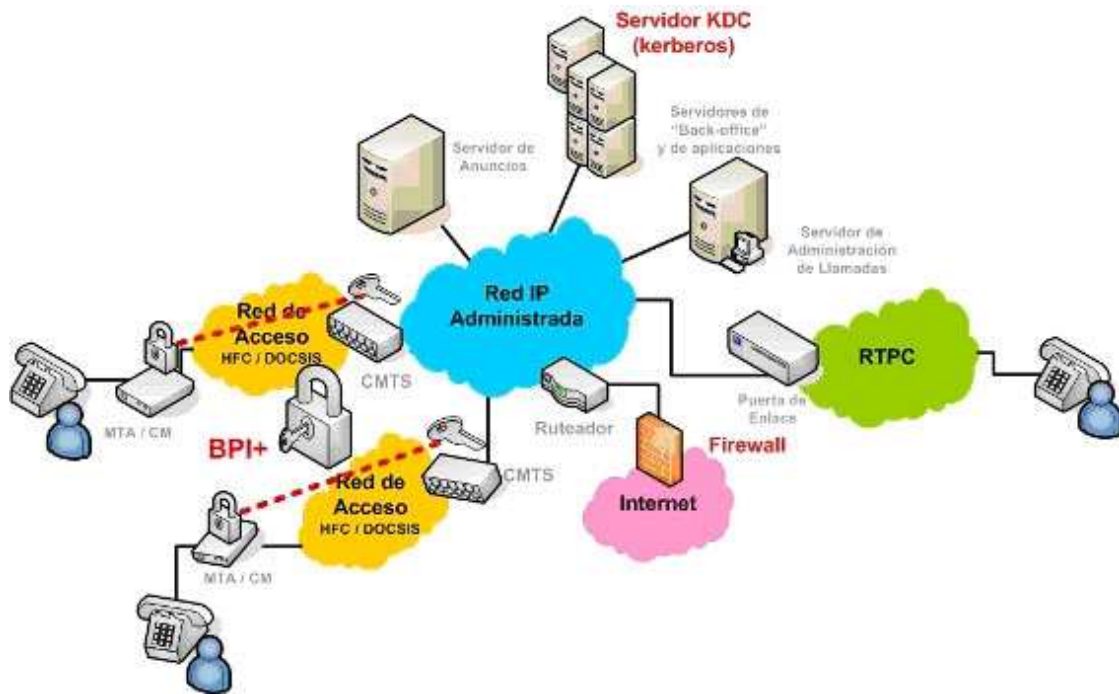


Figura 1-11 ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN LA RED HFC

El uso de 'firewalls' cobró especial importancia en la administración de servicios de datos para filtrar tráfico no deseado en las redes de cable. Generalmente se utilizan para evitar que usuarios externos no autorizados accedan a redes privadas conectadas a Internet. Todos los mensajes que entran y salen a la red privada deberán atravesar el firewall para su respectivo análisis.

En la sección de servidores de “Back-office” y aplicaciones, también se introdujo un servidor KDC (Key Distribution Center) que se emplea como servidor Kerberos para realizar la autenticación, intercambio de llaves y encriptación.

Este protocolo permite establecer comunicaciones individuales sobre redes inseguras mediante autenticación mutua tanto de los usuarios como de los servicios solicitados, en un modelo cliente-servidor. Kerberos utiliza al KDC como un tercer elemento que consiste de dos secciones lógicamente independientes: un Servidor de Autenticación (AS, Authentication Server) y un Servidor Emisor de Tickets (TGS, Ticket Granting Server).

A través de la emisión de ‘tickets’ se realiza la identificación y autenticación de usuarios. Asimismo, Kerberos mantiene una base de datos con llaves secretas únicamente conocida por una entidad de la red y el propio servidor. El conocimiento de esta llave sirve para probar la identidad en la red, y para establecer comunicación entre dos entidades, se emite una llave para que los elementos de la sesión puedan establecer interacciones seguras.

En este capítulo se explico en detalle cada uno de los elementos que constituyen la red HFC, así como de los equipos utilizados para brindar el servicio de Telefonía; se describen los estándares disponibles para América y Europa así como de las actuales aplicaciones sobre la red de CATV como las futuras aplicaciones a fin de tener una red integra de servicios de telecomunicaciones.

Los Sistemas de Cable Híbridos Fibra-Coaxial (HFC) son estructuras que están actualmente en pleno desarrollo. Representan un segmento del mercado de las telecomunicaciones de posibilidades infinitas. En tal sentido, tanto los operadores de TV por cable como los operadores de servicio telefónico quieren entrar en la pelea para conquistar ese mercado de grandes potencialidades.

Como se puede observar las posibilidades, servicios, aplicaciones y mercados son infinitos y es lo que hace que a ésta tecnología le estén prestando mucha atención todos los agentes del gran mercado de las telecomunicaciones.

El siguiente capítulo está enfocado a brindar una visión general de la norma regulatoria vigente en nuestro país para la calidad de los servicios de telecomunicaciones.

CAPÍTULO 2

NORMA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

2.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las políticas establecidas por el CONATEL en la etapa de apertura del mercado de telecomunicaciones, concordante con lo planteado para el corto plazo en La Ley para la Transformación Económica del Ecuador, ha considerado prioritario la elaboración de una norma de calidad de los servicios de telecomunicaciones, que se enmarque dentro de un apropiado sistema de regulación de la calidad de servicio (QoS) y que responda a las verdaderas necesidades de los usuarios/clientes y condiciones actuales del mercado ecuatoriano.

Esta normativa técnica que forma parte de los Planes Técnicos Fundamentales contribuirá para que los usuarios/clientes se beneficien de las ventajas que ofrece un mercado competitivo, en especial del mejoramiento sustancial de precios y de la calidad de los servicios de telecomunicaciones.

2.2 OBJETIVOS

Mejorar el sistema de regulación de la calidad de los servicios de telecomunicaciones para lo cual se establecen las directrices básicas en cuanto la información, el nivel de compromiso, los recursos del sistema y las principales acciones que deberán seguir los usuarios/clientes, los operadores y los entes de regulación y control.

Disponer de un modelo o marco conceptual común de calidad de servicios, que sea aplicado para determinar los parámetros de QoS de cualquier servicio de telecomunicaciones.

Establecer los parámetros de QoS desde el punto de vista del usuario/cliente para los principales servicios de telecomunicaciones, cuyos valores objetivos deberán ser cumplidos obligatoriamente por los diferentes operadores.

Definir la metodología de medición de los parámetros de calidad y otras condiciones necesarias que fortalezcan el sistema de regulación de la QoS.

2.3 DEFINICIONES

2.3.1 DEFINICIONES GENERALES

- a) **Calidad:** Todas las características de una entidad que inciden en su capacidad de satisfacer las necesidades indicadas e implícitas (ISO 8402).
- b) **QoS (Quality of Service) Calidad de servicio:** El efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de un servicio.
- c) **Necesidades de QoS del usuario/cliente:** Declaración, en lenguaje corriente, del nivel de calidad requerido por las aplicaciones del usuario/cliente de un servicio.
- d) **QoS ofrecida/planificada por el proveedor:** Declaración del nivel de calidad que se espera que el proveedor de servicio ofrezca al usuario/cliente.
- e) **QoS conseguida/entregada por el proveedor:** Declaración del nivel de calidad real conseguido y entregado al usuario/cliente.
- f) **QoS percibida por el usuario/cliente:** Declaración del nivel de calidad que el usuario/cliente cree haber experimentado.

2.3.2 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA UTILIZADA EN LA MATRIZ PARA OBTENER LAS NECESIDADES DE QOS DE LOS USUARIOS/CLIENTES.

Matriz de referencia: Matriz (Y,X) donde Y es la Función del servicio y X es el criterio. A partir de esta matriz se puede identificar los criterios de QoS y establecer los parámetros de calidad.

Funciones del servicio

Gestión del servicio: Se incluyen las siguientes funciones específicas del servicio:

Y1: Ventas y actividades precontractuales: Todas las actividades relevantes, desde el momento que el cliente establece una comunicación con el operador de telecomunicaciones, hasta que el contrato de la provisión de un servicio de telecomunicaciones es firmado.

Ejemplos de actividades relevantes:

- Suministro de información del servicio
- Investigación técnica
- Factibilidad
- Estudio de disponibilidad de opciones

Y2: Prestación: Todas las actividades asociadas a la prestación de un servicio de telecomunicaciones, desde el momento en que el contrato ha sido firmado hasta el momento que el cliente puede usar el servicio.

Y3: Alteración: Todas las actividades asociadas con la alteración de un servicio de telecomunicaciones, desde el momento del reporte de dicha alteración hasta que sea resuelta a satisfacción del cliente.

Y4: Atención al cliente: Todas las actividades asociadas con la atención al cliente en la prestación de un servicio de telecomunicaciones. Por ejemplo, preguntas sobre como usar el servicio.

Y5: Reparaciones: Todas las actividades asociadas con la restauración de un servicio de telecomunicaciones, después de que se haya presentado una avería, produciendo la pérdida del servicio parcial o completamente o afecta sus características.

Y6: Cese: Todas las actividades asociadas con el cese de un servicio de telecomunicaciones, desde el momento en que fue realizada la solicitud hasta que ésta sea aceptada a satisfacción del cliente.

Calidad de la conexión: Se incluyen las siguientes funciones específicas del servicio:

Y7: Establecimiento de conexión: Todas las actividades asociadas con el establecimiento de la conexión de un servicio de telecomunicaciones, desde el momento en que el cliente solicita el servicio hasta que alguna de las siguientes señales son recibidas:

- a) Tono de timbrado
- b) Tono de abonado ocupado
- c) Indicación de llamada contestada
- d) Alguna otra señal que indique el estado de la llamada o condición de la red.

Y8: Transferencia de la información: Todas las actividades desde el momento en que la llamada es contestada, hasta que a ambas partes se les informa que la conexión ha sido liberada.

Y9: Liberación de la conexión: Todas las actividades asociadas con una solicitud de liberación de la conexión, hasta el momento en que los componentes de la red son liberados y puedan ser usados nuevamente.

Facturación:

Y10: Facturación: Todas las actividades relevantes asociadas con la tasación y facturación de un servicio de telecomunicaciones.

Gestión de la red/servicio por el cliente:

Y11: Gestión de la red/servicio por el cliente: Todas las actividades asociadas con el control de los clientes, sobre cambios predefinidos de los servicios de telecomunicaciones o configuración de la red.

Criterios de QoS

X1: Velocidad: La velocidad con la cual una función de servicio debe ser realizada. Por ejemplo la velocidad con la cual la prestación de un servicio debe ser suministrado.

X2: Precisión: La fidelidad e integridad en realizar una función de comunicación con respecto a un nivel de referencia dado.

X3: Disponibilidad: La probabilidad con la cual los principales componentes de la función de un servicio están en capacidad de realizar la función requerida, en un instante determinado o en cualquier instante de un intervalo de tiempo dado.

X4: Fiabilidad: Es la probabilidad que la función de un servicio se realice dentro de los límites especificados de velocidad, precisión, o disponibilidad para un periodo dado.

X5: Seguridad: La confidencialidad con la cual una función de servicio es realizada por el operador de telecomunicaciones para los clientes. Por ejemplo, en el caso de la función de atención al cliente, los datos del cliente no deberían ser divulgados a terceras personas sin el consentimiento del mismo.

X6: Simplicidad: La facilidad en la aplicación de la función de servicio.

X7: Flexibilidad: Opciones ofrecidas a los clientes por parte del operador de telecomunicaciones a fin de satisfacer requerimientos especiales.

2.3.3 OTRAS DEFINICIONES

- a) **CCITT:** Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (antiguo UIT).
- b) **CONATEL:** Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
- c) **ETSI** (European Telecommunications Standard Institute): Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeas.
- d) **FITSE:** Federación de Ingenieros de Telecomunicaciones de la Comunidad Europea.
- e) **HORA CARGADA:** Es la hora continua del día donde el tráfico promedio cursado en la red es máximo.
- f) **IP** (Internet Protocol): Protocolo de Internet.
- g) **ISO** (International Standard Organization): Organización de Estándares Internacionales.
- h) **SENATEL:** Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.
- i) **SUPERTEL:** Superintendencia de Telecomunicaciones.
- j) **UIT-T:** Sector de normalización de las telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- k) **VALOR OBJETIVO:** Es el valor máximo o mínimo establecido, según lo que aplique para cada parámetro y que proporciona un nivel aceptable de QoS.

2.4 ALCANCE

La norma de QoS tiene una aplicación en todo el territorio nacional y su cumplimiento es de carácter obligatorio para todos los prestadores de los siguientes servicios de telecomunicaciones:

- a) Telefonía fija
- b) Telefonía móvil y servicio de mensajes cortos
- c) Servicios portadores
- d) Provisión de Internet

2.5 PRINCIPIOS GENERALES DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE QoS

- a) Proteger los intereses de los usuarios/clientes de los servicios de telecomunicaciones, promover la competencia leal y buscar un equilibrio entre las inversiones que los operadores deberán realizar y el grado de satisfacción de los usuarios/clientes.
- b) Considerar el acceso a la información de QoS como un elemento clave del sistema de regulación de la QoS, que incentive la competencia y permita a los usuarios/clientes, operadores y entes de regulación y control cumplir con sus respectivos roles.
- c) Mientras el nivel de competencia no se consolide en el mercado ecuatoriano, la QoS seguirá regulándose mediante el establecimiento de parámetros de calidad cuyos valores objetivos establecidos en esta norma deberán ser cumplidos de forma obligatoria, por parte de los operadores. Los operadores que no cumplan con dichos valores se someten al sistema de sanciones que establece la Ley.

- d) El sistema de regulación está concebido de forma que facilite en el futuro su evolución a un sistema auto regulado, donde los operadores fijan los niveles de calidad que ofrece a sus usuarios/clientes y las fuerzas del mercado se encargan de mantener niveles de QoS acorde a estándares internacionales para los diferentes servicios.
- e) Utilizar un modelo conceptual de *Calidad de Funcionamiento del Servicio* que sea aplicado para todos los servicios y sea flexible en el momento de establecer los parámetros de calidad según el tipo de servicio.
- f) Seleccionar parámetros de QoS que reflejen de la manera más real posible, los requerimientos de QoS desde el punto de vista de los usuarios/clientes establecidos en el Ecuador, para lo cual se toma en cuenta la información sobre QoS (reportes, encuestas, registro de quejas) generadas por la SUPERTEL, la Tribuna Ecuatoriana de Consumidores y Usuarios, la Defensoría del Pueblo y otros organismos.
- g) Los parámetros de QoS deben definirse claramente, con un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para los usuarios/clientes y operadores. También deben permitir una fácil comparación del nivel de calidad obtenido por los diferentes operadores.
- h) La Norma de Calidad se diseñará teniendo en cuenta el nuevo enfoque que se ha planteado para la elaboración de los Planes Técnicos Fundamentales, en cuanto al aspecto de regular lo estrictamente necesario, así se conseguirá optimizar los recursos que la SUPERTEL y los operadoras dedican en los procesos de medición, análisis y generación de reportes.

Se utilizarán las últimas Recomendaciones sobre marcos de referencia y parámetros de QoS publicadas por la UIT-T, ETSI y otros organismos de regulación Internacional.

2.6 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO DE REGULACIÓN DE QoS

2.6.1 PRINCIPALES ACTORES Y RELACIONES

El sistema de regulación lo conforman los usuarios/clientes o asociaciones de ellos, los operadores, los entes de regulación y control (CONATEL, SENATEL y SUPERTEL). También se incluyen otras entidades encargadas de proteger a los usuarios/clientes.

Entre los diferentes actores se establecen relaciones que tienen que ver con la información, el nivel de compromiso y los recursos que cada uno de ellos disponen para cumplir con sus respectivos roles en el sistema.

Relación comercial: Operadores - Usuarios/ Clientes

Esta relación se puede presentar en forma individual entre los operadores y los usuarios/clientes o en forma colectiva con la intervención de las asociaciones de usuarios o entidades involucradas en defender los derechos de los consumidores.

En esta relación se consideran los siguientes elementos básicos:

1. Intercambio de información entre operadores y sus usuarios/clientes
2. Contratos
3. El tratamiento de quejas por parte de los operadores, etc.

Relación consumidor: Entes de Regulación y Control – Usuarios/Clientes

En esta relación se presentan dos factores claves:

- Intercambio de información mediante la realización de encuestas, foros, conferencias, investigaciones especiales de usuarios
- El rol de los entes de regulación y control con respecto al tratamiento de quejas

Relación regulatoria: Entes de Regulación y Control - Operadores

Esta relación básicamente se refiere a los requerimientos regulatorios que imponen los entes de regulación y control a los operadores y que se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- a) Exigencia de cumplimiento de valores objetivos de parámetros de QoS y metodología de medición.
- b) Forma de reportar
- c) Publicación de la información
- d) Sanciones
- e) Tratamiento de reclamos

2.6.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Se considera el acceso a la información de QoS como un elemento clave del sistema de regulación, que incentive la competencia y permita a los usuarios/clientes, operadores y entes de regulación y control, cumplir con sus respectivos roles. Efectivamente el acceso a la información es un derecho fundamental de los usuarios/clientes, una necesidad para los entes de regulación y control y una herramienta básica para los operadores.

Los parámetros de QoS resultantes de las mediciones (QoS conseguido por el operador) así como el valor objetivo, deben ser publicados tanto por los operadores como por la SENATEL y la SUPERTEL y se buscará la mejor forma para que el público y los usuarios/clientes puedan apreciar y comparar los niveles de QoS conseguidos por éstos.

2.6.3 COMPROMISO

El compromiso de los operadores de involucrarse proactivamente en el mejoramiento del sistema de regulación, juega un papel fundamental en el sistema. Se espera que los operadores cumplan con los niveles de QoS exigidos en esta norma, transparenten la información, den las facilidades de acceso, entreguen oportunamente los reportes, publiquen apropiadamente la información y optimicen el sistema de generación de datos, registro y reporte de mediciones.

Los operadores deberán asumir compromisos de QoS individualmente con sus usuarios/clientes, especificando los valores de algunos parámetros de QoS en los contratos respectivos.

2.6.4 RECURSOS

Los recursos son esenciales para la aplicación del sistema de regulación de QoS y cubren varios niveles de sanciones y toda clase de acciones que pueden ser ejecutadas si no se cumplen los compromisos de QoS como los siguientes:

- Cumplir los valores objetivos mínimos para cada parámetro de QoS.
- Proporcionar fácil acceso y transparencia de la información
- Emitir oportunamente los reportes.
- Tratar adecuadamente los reclamos

2.7 PUBLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE QoS

La publicación de la información de la QoS tiene como objetivo informar a los usuarios/clientes y consumidores en general de los niveles de calidad conseguidos por los operadores.

2.7.1 PUBLICACIÓN DE LOS OPERADORES

Los operadores deberán contar en la página web con un apartado específico relativo a la QoS, fácilmente localizable y con información gratuita y de libre acceso.

En dicho apartado deberá figurar, de acuerdo con el modelo que haya sido adoptado por la SENATEL y SUPERTEL los siguientes aspectos:

- El nivel medido de QoS, en un plazo de un mes, a partir de la finalización de cada trimestre calendario, y los resultados de al menos, los cuatro últimos trimestres publicados.
- El nivel de QoS ofertado para el trimestre calendario, incluyendo los niveles históricos de por lo menos los cuatro últimos trimestres.
- Los valores objetivos de QoS establecidos en esta norma para cada parámetro.
- La información adicional necesaria para facilitar su correcta interpretación.

La SUPERTEL podrá ordenar la suspensión temporal de la publicación de todos o parte de los datos cuando tenga dudas razonables sobre la fiabilidad de los mismos.

Los operadores deberán facilitar, desde el apartado específico de sus páginas web, un enlace fácilmente identificable al apartado de las páginas web de la SUPERTEL y SENATEL, referido en el numeral 10.2.

2.7.2 PUBLICACIÓN DE LA SUPERTEL Y SENATEL

La SUPERTEL coordinadamente con la SENATEL incluirán en sus páginas web, en apartados específicos en un plazo de un mes, a partir de la finalización de cada trimestre calendario, los resúmenes comparativos de los datos de QoS de los diferentes operadores, incluyendo los resúmenes de los cuatro últimos trimestres publicados, así como las incidencias o desviaciones que haya constatado y la información adicional que sea necesaria.

2.8 ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

La responsabilidad de la de supervisión y control de la presente norma estará a cargo de la SUPERTEL, ésta ejercerá adicionalmente las siguientes acciones:

- Analizar los reportes y determinar si las operadoras están cumpliendo con los valores objetivos mínimos establecidos en la presente norma.
- Comprobar en el momento que crea conveniente la fiabilidad y precisión de las mediciones publicadas o reportadas a lo largo de un año determinado.
- Realizar encuestas para medir la QoS percibida por los usuarios/clientes bajo el enfoque conceptual de QoS detallado en el numeral 7.2
- Mejorar el sistema de realimentación de información de QoS para que la SENATEL analice y proponga mejoras en el sistema de regulación general de QoS.

2.9 OTRAS FUNCIONES DE LA SENATEL

La SENATEL también será responsable de las siguientes funciones adicionales:

- a) Actualizar la norma de QoS a medida que se presenten cambios en los requerimientos de los usuarios/clientes, el nivel de competencia, los cambios tecnológicos y la introducción de nuevos servicios. La actualización se llevará a cabo por propia iniciativa de la SENATEL y en caso de que se justifique a petición de cualquier operador u organización de usuarios.
- b) Analizar la evolución de la QoS desde los cuatro puntos de vista detallados en el numeral 7.2 y realizar estudios de benchmarking y comparar los niveles alcanzados de QoS en el Ecuador con respecto a otros países.

- c) Organizar foros con los diferentes actores del sector de telecomunicaciones como: operadores, SUPERTEL, proveedores de equipos, organizaciones de defensa de los usuarios/clientes etc, con el fin de proponer mejoras en el sistema de regulación de la QoS.

- d) Promover conjuntamente con la SUPERTEL, campañas de educación a los usuarios/clientes de los servicios de telecomunicaciones, sobre el derecho que tienen de reclamar por niveles de QoS no satisfactorios. De esta manera se contribuirá a que se mejore en el país la cultura del reclamo y en general todo el sistema de QoS.

- e) Participar en temas de regulación y normalización de la QoS en la UIT-T por intermedio del CONATEL.

En este capítulo se menciona la norma de calidad de los servicios de telecomunicaciones vigentes en el país, con una descripción a fondo de los principales parámetros utilizados para elaborar el modelo con el cual las empresas que prestan los servicios de telecomunicaciones son regularizadas por el ente gubernamental creada para este fin.

Se menciona las funciones principales del CONATEL y la SENATEL, además de las diversas actividades de supervisión y control que realizan.

En el siguiente capítulo se procede a formular el modelo de medición de calidad de servicio enfocado a la prestación del servicio de telefonía sobre la red HFC, se toma como base el modelo propuesto por los entes reguladores y se propone un modelo acorde a parámetros técnicos propios que afectan la calidad de Servicio sobre una red HFC; además para el diseño, se toma en cuenta varios de los métodos utilizados de forma práctica para medir la calidad de servicio.

CAPÍTULO 3

MODELO DE MEDICION DE QoS EN BASE A LOS PARAMETROS DEL CONATEL

3.1 CARACTERÍSTICAS Y EXPECTATIVAS DEL SERVICIO VOIP

A nivel general, el servicio VoIP se puede dividir en tres componentes de flujos de datos:

- Los paquetes de portadora/voz (Paquetes RTP),
- Señalización/control (H.323, H.248, SIP, SIP-T, BICC)
- Operaciones y mantenimiento (OAM) (SNMP, TFTP, COPS).

Al hablar de calidad de servicio (QoS) para el servicio de voz, se debe mantener el énfasis principal en el tren de portadores, debido a que esto es lo que generalmente afecta a un abonado (calidad de la voz).

Los demás componentes son igualmente importantes en lo referente a la QoS general del servicio. Sin una QoS adecuada para la señalización/control, las llamadas podrán no establecerse o tomar mucho tiempo para hacerlo. Todo esto se refleja en la percepción que el abonado tiene del servicio ofrecido.

A continuación se muestran algunas reglamentaciones de desempeño que cumplen una función importante, en la medida en que expresan las expectativas públicas últimas o los requisitos formales de los usuarios; algunas de estas tienen relación directa con la calidad del servicio vocal, incluidos los aspectos de la señalización.

Otros objetivos pueden deducirse o han sido recomendados por varios organismos normalizadores/reguladores.

- **Demora del tono para marcar:** no más del 1,5% de las llamadas (durante la hora cargada) recibirán una demora del tono para marcar de más de 3 segundos.
- **Atenuación de adaptación para el eco (línea):** más de 20 dB.
- **Ruido:** menos de 20 dBrnC (nivel de enlace) y menos de 23 dBrnC (95% de las líneas).
- **Demora:** Para comunicaciones nacionales – menos de 150 ms en una dirección, para comunicaciones internacionales con conexiones por satélite – menos de 400 ms en una dirección, para cables submarinos – menos de 170 ms en una dirección.
- **Demora después de marcar:** nominalmente, para llamadas locales, menos de 3s, para llamadas interurbanas, menos de 5s, para llamadas internacionales, menos de 8 s.
- **Pérdida de bloqueo/concordancia:** red menos 2% durante hora cargada media
- **Disponibilidad del servicio:** 99,999%

Según los objetivos anteriores, se puede ver que no siempre se identifican los atributos de QoS para cada uno de los componentes.

Por ejemplo, la demora después de marcar (el tiempo desde el recibo del último dígito marcado hasta que la parte del extremo lejano es notificada) provee un límite de tiempo por el cual los mensajes de control son procesados y propagados a través de una red, para establecer una conexión entre partes. De esa forma, hay un límite implicado a la QoS de demora que los mensajes de control podrán encontrar al atravesar la red IP.

Este no es un valor absoluto totalmente reflejado en la QoS de la red de transmisión IP, porque también incluye los tiempos de procesamiento en los diversos puntos extremos y nodos a lo largo de la ruta.

Existen interpretaciones similares para aquellos objetivos que afectan a las características del tráfico portador.

El E-Model (Recomendación G-107 del UIT-T) es utilizado para caracterizar las interpretaciones de paquetes portadores de voz.

En general, las características de voz telefónica son afectadas por diversos factores cuando hay una red de paquetes en el trayecto del habla.

La siguiente Figura 3-1 ilustra dichos deterioros en el caso de un ejemplo de red típica simplificada.

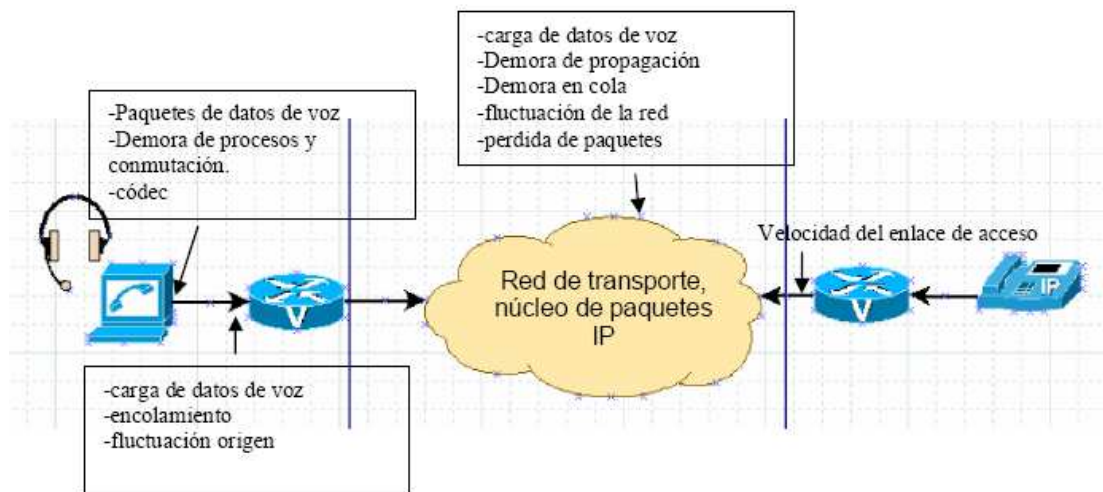


Figura 3-1 DETERIOROS DE LA VOZ EN UNA RED IP

Se puede apreciar en la figura, que puede ser muy difícil determinar la calidad prevista de la voz de una llamada VoIP mediante la inspección de valores concretos. Además, también pueden influir otros factores fuera del dominio IP.

Por ello, el E-Model cumple la función analítica de poder combinar todo lo anterior y producir los resultados esperados de calidad teórica del habla. Cuando se compara con los ejemplos existentes de PSTN, se puede determinar un nivel relativo de calidad.

Además del E-Model, existen otras técnicas que permiten evaluar la calidad de la voz en una comunicación de VoIP, estas técnicas son MOS (Mean Opinión Score), estandarizada en la recomendación ITUT P.800.

Los algoritmos P.563 definido en ITU-T P.563, ITU-T P.862 (PESQ) son mencionados más adelante.

3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA VOZ SOBRE REDES DE PAQUETES.

3.2.1 FACTOR DE COMPRESIÓN

Para poder transmitir la voz a través de una red de datos, es necesario realizar previamente un proceso de digitalización. En telefonía clásica, éste proceso se realiza utilizando CODECs, obteniendo una señal digital de 64 kb/s.

Este proceso se realiza de acuerdo a la recomendación G.711 de la ITU-T. Sin embargo, cuando se dispone de velocidades de red reducidas, es conveniente tratar de minimizar el ancho de banda requerido por las señales de voz. Para ello, se han desarrollado varias recomendaciones, que reducen la velocidad de transmisión requerida, a expensas de degradar la calidad de la voz.

La Tabla 3-1 resume las recomendaciones de la ITU-T respecto a los algoritmos estandarizados de compresión de voz:

Algoritmo	Descripción
G.711	Audio encoding at 64 k bit/s (μ -law and A-law)
G.722	7 kHz speed at 48, 56 and 64K bit/s (hi-fi voice)
G.723.1	Dual Rate Speed at 6.4 and 5.3 k bit/s
G.728	16 k bit/s speech
G.729 Annex A	8 k bit/s speech (Conjugate structure- algebraic code excited linear prediction or CS-ACELP). Reduce Complexity
G.729 Annex B	8 k bit/s speech (Conjugate structure- algebraic code excited linear prediction or CS-ACELP). Silence Compression
G.729 Annex AB	8 k bit/s speech (Conjugate structure- algebraic code excited linear prediction or CS-ACELP). Reduce Complexity & Silence Compression

Tabla 3-1 ALGORITMOS DE ESTANDARIZACIÓN DE COMPRESIÓN DE VOZ

3.2.2 PÉRDIDA DE PAQUETES

A diferencia de las redes telefónicas, donde para cada conversación se establece un vínculo estable y seguro, las redes de datos admiten la pérdida de paquetes.

Esto está previsto en los protocolos seguros de alto nivel, y en caso de que ocurra, los paquetes son reenviados. En los protocolos diseñados para tráfico de tiempo real generalmente no se recibe confirmaciones de recepción de paquetes, ya que si el canal es suficientemente seguro, estas confirmaciones cargan inútilmente el canal.

En aplicaciones de voz y video, el audio es encapsulado en paquetes y enviado, sin confirmación de recepción de cada paquete. Si el porcentaje de pérdida es pequeño, la degradación de la voz también lo es.

Los porcentajes de pérdida admisibles dependen de otros factores, como por ejemplo la demora de transmisión y el factor de compresión de la voz.

Existen técnicas para hacer menos sensible la degradación de calidad en la voz frente a la pérdida de paquetes. La más sencilla consiste en simplemente repetir el último paquete recibido. También cuentan como perdidos los paquetes que llegan a destiempo o fuera de orden.

3.2.3 RETARDO (DELAY)

Un factor importante en la percepción de la calidad de la voz es el retardo. El retardo total está determinado por varios factores, entre los que se encuentran:

Retardo debida a los algoritmos de compresión:

En forma genérica, cuanto mayor es la compresión, más demora hay en el proceso (los CODECS requieren más tiempo para codificar cada muestra).

Algoritmo de muestreo/compresión	demora típica introducida
G.711 (64 kb/s)	125 μ s
G.728 (16 kb/s)	2.5 ms
G.729 (8 kb/s)	10 ms
G.723 (5.3 o 6.4 kb/s)	30 ms

Tabla 3-2 DEMORAS INTRODUCIDAS POR EL ALGORITMO DE MUESTREO

Demoras de procesamiento:

Es el tiempo involucrado en el procesamiento de la voz para la implementación de los protocolos. Dependen de los procesadores utilizados.

Demoras propias de la red (latencia) Las demoras propias de la red están dadas por la velocidad de transmisión de la misma, la congestión, y las demoras de los equipos de red (routers, gateways, etc.)

Las demoras no afectan directamente la calidad de la voz, sino la calidad de la conversación. Hasta 100 ms son generalmente tolerados, casi sin percepción de los interlocutores. Entre 100 y 200 ms las demoras son notadas.

Al acercarse a los 300 ms de demora, la conversación se vuelve poco natural. Pasando los 300 ms la demora se torna crítica, haciendo muy dificultosa la conversación.

Un efecto secundario, generado por las demoras elevadas, es el eco.

El eco se debe a que parte de la energía de audio enviada es devuelta por el receptor.

En los sistemas telefónicos este efecto no tiene mayor importancia, ya que los retardos o demoras son despreciables, y por lo tanto, el eco no es percibido como tal. Cuando la demora de extremo a extremo comienza a aumentar, el efecto del eco comienza a percibirse.

3.2.3 ECO

Si el tiempo transcurrido desde que se habla hasta que se percibe el retorno de la propia voz es menor a 30 ms, el efecto del eco no es percibido.

Si el nivel del retorno está por debajo de los -25 dB, el efecto del eco tampoco es percibido. En las conversaciones telefónicas habituales, el eco existe en niveles perceptibles (mayores a -25 dB), pero la demora es mínima, por lo que el eco no es perceptible.

Las excepciones son las comunicaciones vía satélite, en las que la demora promedio es del orden de los 150 ms. Para estos casos, las compañías telefónicas disponen generalmente de sofisticados equipos canceladores de eco.

3.2.4 VARIACIONES EN LA DEMORA (JITTER)

El jitter es la variación en las demoras (latencias). Por ejemplo, si dos puntos comunicados reciben un paquete cada 20 ms en promedio, pero en determinado momento un paquete llega a los 30 ms y luego otro a los 10 ms, el sistema tiene un jitter de 10 ms. El receptor debe recibir los paquetes a intervalos constantes, para poder regenerar de forma adecuada la señal original.

Dado que el jitter es inevitable, los receptores disponen de un buffer de entrada, con el objetivo de suavizar el efecto de la variación de las demoras. Este buffer recibe los paquetes a intervalos variables, y los entrega a intervalos constantes.

Se debe notar que este buffer agrega una demora adicional al sistema, ya que debe retener paquetes para poder entregarlos a intervalos constantes. Cuánto más variación de demoras (jitter) exista, más grande deberá ser el buffer, y por lo tanto, mayor demora se introducirá al sistema.

3.2.5 TAMAÑO DE LOS PAQUETES

El tamaño de los paquetes influye en dos aspectos fundamentales en la transmisión de la voz sobre redes de datos: La demora y el ancho de banda requerido.

Para poder transmitir las muestras codificadas de voz sobre una red de datos, es necesario armar paquetes, según los protocolos de datos utilizados (por ejemplo IP).

Un paquete de datos puede contener varias muestras de voz. Por ello, es necesario esperar a recibir varias muestras para poder armar y enviar el paquete. Esto introduce un retardo o demora en la transmisión.

Desde éste punto de vista, es conveniente armar paquetes con la mínima cantidad de muestras de voz (por ejemplo, un paquete por cada muestra).

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que cada paquete tiene una cantidad mínima de información (bytes) de control (encabezado del paquete, origen, destino, etc.). Esta información no aporta a la información real que se quiere transmitir, pero afecta al tamaño total del paquete, y por tanto al ancho de banda.

3.3 MEDIDA DE LA CALIDAD DE VOZ EN REDES VOIP

La VoIP enfrenta problemáticas propias de las redes de datos, que se manifiestan como degradaciones en la calidad del servicio percibida por los usuarios (QoS).

Estas degradaciones pueden deberse por ejemplo a retardos, jitter (diferencia de retardos) y pérdida de paquetes, entre otros factores. Para que la tecnología de VoIP pueda ser utilizada en las Empresas, es esencial garantizar una calidad de voz aceptable.

Para ello se han desarrollado métodos para medirla. Estos métodos se dividen en *subjetivos* y *objetivos*.

Los métodos *subjetivos* de medida de la calidad de servicio, se basan en conocer directamente la opinión de los usuarios. Típicamente resultan en un promedio de opiniones por ejemplo, el valor MOS (Mean Opinión Store).

Los métodos *objetivos* a su vez se subdividen en *intrusivos* (se inyecta una señal de voz conocida en el canal y se estudia su degradación a la salida) y *no intrusivos* (se monitorean ciertos parámetros en un punto de la red y en base a estos permite establecer en tiempo real la calidad que percibiría un usuario).

3.3.1 MÉTODOS SUBJETIVOS

La calidad de la voz se establece a través de la opinión del usuario. La calidad de audio puede ser evaluada directamente (ACR = Absolute Category Rating), o en forma comparativa contra un audio de referencia (DCR = Degradation Category Rating). Con evaluaciones directas (del tipo ACR) se califica el audio con valores entre 1 y 5, siendo 5 Excelente y 1 Malo.

El MOS (Mean Opinión Store) es el promedio de los ACR medidos entre un gran número de usuarios. Si la evaluación es comparativa, (del tipo DCR), el audio se califica también entre 1 y 5, siendo 5 cuando no hay diferencias apreciables entre el audio de referencia y el medido y 1 cuando la degradación es muy molesta.

El promedio de los valores DCR es conocido como DMOS (Degradation MOS). La metodología de evaluación subjetiva más ampliamente usada es la del MOS (Mean Opinión Score), estandarizada en la recomendación ITU-T P.800.

Adicionalmente, se puede evaluar la calidad del audio y la calidad de la conversación, las que pueden ser diferentes.

La calidad de la conversación implica una comunicación bidireccional, donde, por ejemplo, los retardos juegan un papel muy importante en la calidad percibida.

Los valores obtenidos con las técnicas ACR (es decir, el MOS) pueden estar sujetos al tipo de experimento realizado.

Por ejemplo, si se utilizan varias muestras de buena calidad, una en particular puede ser calificada peor que si esa misma muestra se presenta junto a otras de peor calidad.

Los métodos subjetivos son en general costosos y lentos debido a que requieren un gran panel de usuarios. Además, dependen entre otros factores del país, del idioma, de las experiencias previas de los usuarios.

3.4 T-MODEL PARA LA MEDICION DE LA CALIDAD DE SERVICIO

La industria de las telecomunicaciones ha aceptado una representación numérica de la calidad de la voz, llamada MOS (Mean Opinion Score), y estandarizada en la recomendación ITU-T P.800.

La calidad de la voz es calificada con un número, entre 1 y 5 el valor numérico de MOS es proporcional a la calidad de la voz, 1 significa muy mala calidad y 5 significa excelente. Los valores son obtenidos mediante el promedio de las opiniones de un gran grupo de usuarios.

El presente modelo toma como base la recomendación ITU-T G.107, y se denomina T-MODEL. Estima la calidad de la voz en redes IP (VoIP) percibida por un usuario típico, en base a parámetros medibles de la red.

El resultado del T-MODEL es un factor escalar, llamado T (Factor de Transmision), que puede tomar valores entre 0 y 100.

El T-MODEL toma en cuenta una gran cantidad de factores que pueden deteriorar la calidad de la voz percibida, como por ejemplo, el uso de codecs, los retardos de la red, así como también los factores típicos en telefonía como son pérdida, ruido y eco.

Éste método puede ser aplicado para estimar la calidad de la voz en redes de paquetes, en especial a las redes HFC.

El T-MODEL puede ser utilizado para evaluar cómo se verá afectada la calidad de la voz en una red en base a parámetros medibles. El modelo parte de un puntaje perfecto (100) y resta diversos factores que degradan la calidad, según se puede ver en la siguiente ecuación

$$T = S/N - DR - I_{e,eff} \text{ donde:}$$

S/N Representa la relación señal/ruido básica (antes de ingresar en la red) que incluye fuentes de ruido, tales como ruido ambiente. El valor inicial puede ser como máximo 100.

Las fuentes de ruido independientes del sistema como son el ruido ambiental, pueden hacer que este valor inicial sea menor a 100, por ejemplo el volumen excesivo y distorsión de cuantización.

DR Representa las degradaciones producidas por el retardo y el jitter medidos en ms y ponderados según los parámetros típicos soportados

I_{e,eff} . Effective equipment impairment factor. Representa las degradaciones producidas por los códecs y por las pérdidas de paquetes de distribución aleatoria.

Muchas veces los usuarios están dispuestos a aceptar peor calidad de voz si saben que se están utilizando tecnologías no clásicas, como por ejemplo celulares o VoIP.

Permite compensar los factores de degradación cuando existen otras ventajas de acceso para el usuario. Los valores de T varían entre 0 y 100, correspondiendo los valores más altos a mejores calidades de voz.

3.4.1 REGISTROS DETALLADO DE LLAMADAS (CDR)

Son los archivos utilizados por los Softswitch para almacenar la información de facturación de los clientes de telefonía, entre otros parámetros, se detallan el número de origen, el numero de destino, la duración de la llamada.

Además, proveen información referente a parámetros de la red como el MOS, el retardo, el jitter, numero de paquetes perdidos información necesaria para las pruebas del modelo propuesto para medir la calidad de servicio en redes HFC.

Los archivos generados son enviados por medio del protocolo FTP a un servidor de facturación. El proceso combinado de la colección, de la validación, de la normalización y de la consolidación también se refiere como mediación. Esto puede ser un proceso muy complejo y frecuentemente los sistemas de telecomunicaciones pierden una cantidad significativa de ingresos debido a los errores en estos sistemas.

En el mundo de VoIP y de los softswitches donde los CDRs se genera a menudo en el mismo sistema donde se procesan, la cadena de la mediación es menos compleja.

De las simulaciones realizadas, el archivo CDR presenta la siguiente estructura, de cuales ciertos parámetros son los usados para cuantizar la calidad de servicio que el abonado percibe:

Header: (length:28)
Source Type: DP Source Id: 3
Destination Type: DP Destination Id: 1
File Type: Standard File Format: BAF
Field Suppression: None File Priority: 2
Restart Status: Normal File Status: Primary
Record Source Info: BAF Sensor Sequence Number: 1483
File Creation: Jan 22 12:03 2009 *FECHA DE CREACION/*
File Modification: Jan 22 12:08 2009
File Size: 322 Record Count: 3
Record Source Type: 0 Record Source Id: 3
Structure: 0502(ok) Has Modules, Call Type: 001
Sensor Type: 000 Sensor Id: 000003
Recording Office Type: 001 Recording Office Id: 000001
Previous Output: No Sensor Validation Testing: No
Connect Date (Table: 6): 01/22/2009
Called Party Off-Hook Indicator (Table: 9): 0 - Off-Hook Detected
Service Feature (Table: 12): 000
Originating NPA (Table: 13): 000
Originating Number (Table: 14): 601-4112
Overseas (International Call) Indicator (Table: 15): 2 - Non-NANP, not international
Terminating NPA (Table: 16): 9009
Terminating Number (Table: 17): 580-8237
Connect Time (Table: 18): 12:04::20.7
Elapsed Time (Table: 19): 00000::10.1
MBI (Table: 29): 000
Module 264(Quality of Service Module):
Module Code (Table: 88): 264
Party Identifier (Table: 730): 001 - Originating party directory number data
Release Cause Indicator (Table: 411):
Category: 0 - ITU
Cause Indication: 016

Num Pkts Sent (Table: 807): 0000000000962

Num Pkts Rcvd (Table: 807): 0000000000961

Num Pkts Lost (Table: 807): 0000000000000

Num Octets Sent (Table: 807): 0000000153920

Num Octets Rcvd (Table: 807): 0000000153760

Jitter (ms) (Table: 802): 000

Latency (ms) (Table: 802): 000

Module 104(Trunk Identification Module):

Module Code Identification (Table: 88): 104

Trunk Identification (Table: 244):

Directional Routing Indicator: 4 - Direct-Outgoing Same Net

Group Identifier: 0001

Group Member: 0001

Module 000(Final Module):

Module Code Identification (Table: 88): 000

Structure: 0502(ok) Has Modules, Call Type: 001

Sensor Type: 000 Sensor Id: 000003

Recording Office Type: 001 Recording Office Id: 000001

Previous Output: No Sensor Validation Testing: No

Connect Date (Table: 6): 01/22/2009

Called Party Off-Hook Indicator (Table: 9): 0 - Off-Hook Detected

Service Feature (Table: 12): 000

Originating NPA (Table: 13): 000

Originating Number (Table: 14): 601-2577

Overseas (International Call) Indicator (Table: 15): 8 - 12+ digit international

Terminating NPA (Table: 16): 000

Terminating Number (Table: 17): 000-0000

Connect Time (Table: 18): 12:04::58.7

Elapsed Time (Table: 19): 00000::14.5

MBI (Table: 29): 000

Module 164(E.164/X.121 Number Module):

Module Code (Table: 88): 164

Number Identity (Table: 76): 2 - Terminating

Country Code or Data Network Identification Code (Table: 165):

**Numbering Plan Indicator: 0 - E.164 CC indeterminate
Code: 0000**

Significant Digits in Next Field(s) (Table: 55): 013

Number (Table: 126): 000018665380230

Module 104(Trunk Identification Module):

Module Code Identification (Table: 88): 104

Trunk Identification (Table: 244):

**Directional Routing Indicator: 4 - Direct-Outgoing Same Net
Group Identifier: 0001
Group Member: 0001**

Module 000(Final Module):

Module Code Identification (Table: 88): 000

Structure: 0502(ok) Has Modules, Call Type: 001

Sensor Type: 000 Sensor Id: 000003

Recording Office Type: 001 Recording Office Id: 000001

Previous Output: No Sensor Validation Testing: No

Connect Date (Table: 6): 01/22/2009

Called Party Off-Hook Indicator (Table: 9): 0 - Off-Hook Detected

Service Feature (Table: 12): 000

Originating NPA (Table: 13): 000

Originating Number (Table: 14): 601-4113

Overseas (International Call) Indicator (Table: 15): 2 - Non-NANP, not international

Terminating NPA (Table: 16): 7000

Terminating Number (Table: 17): 299-9999

Connect Time (Table: 18): 12:06::20.3

Elapsed Time (Table: 19): 00000::19.8

MBI (Table: 29): 000

Module 264(Quality of Service Module):

Module Code (Table: 88): 264

Party Identifier (Table: 730): 001 - Originating party directory number data

Release Cause Indicator (Table: 411):

Category: 0 - ITU

Cause Indication: 016

Num Pkts Sent (Table: 807): 0000000001020

Num Pkts Rcvd (Table: 807): 0000000001019

Num Pkts Lost (Table: 807): 0000000000000

Num Octets Sent (Table: 807): 0000000163200

Num Octets Rcvd (Table: 807): 0000000163040

Jitter (ms) (Table: 802): 003

Latency (ms) (Table: 802): 000

Module 104(Trunk Identification Module):

Module Code Identification (Table: 88): 104

Trunk Identification (Table: 244):

Directional Routing Indicator: 4 - Direct-Outgoing Same Net

Group Identifier: 0001

Group Member: 0001

Module 000(Final Module):

Module Code Identification (Table: 88): 000

3.5 OTROS MODELOS DE MEDICION DE CALIDAD DE SERVICIO

3.5.1 ITU-T P.862 (PESQ)

La recomendación ITU-T P.862 presenta un método objetivo para la evaluación de la calidad de la voz de extremo a extremo de redes telefónicas de banda estrecha y códecs vocales.

Esta recomendación describe un método objetivo para predecir la calidad subjetiva de la voz telefónica utilizando los códecs más comunes.

Presenta una descripción de alto nivel del método, explica la forma de utilizar este método y parte de los resultados de referencia obtenidos por la Comisión de Estudio 12 de la ITU-T en el periodo 1999-2000.

El método objetivo descrito se conoce como evaluación de la calidad vocal por percepción (PESQ, *perceptual evaluation of evaluation of speech quality*) y es el resultado de varios años de trabajos de desarrollo.

PESQ compara una señal inicial $X(t)$ con una señal degradada $Y(t)$ que se obtiene como resultado de la transmisión de $X(t)$ a través de un sistema de comunicaciones (por ejemplo, una red IP). La salida de PESQ es una predicción de la calidad percibida por los sujetos en una prueba de escucha subjetiva que sería atribuida a $Y(t)$.

El primer paso de PESQ consiste en una alineación temporal entre las señales iniciales $X(t)$ y degradada $Y(t)$. Para cada intervalo de señal se calcula un punto de arranque y un punto de parada correspondientes. Una vez alineadas, PESQ compara la señal (entrada) inicial con la salida degradada alineada, utilizando un modelo por percepción.

Lo esencial en este proceso es la transformación de las dos señales, la inicial y la degradada, en una representación interna que intenta reproducir la representación psicoacústica de señales de audio en el sistema auditivo humano, teniendo en cuenta la frecuencia por percepción (Bark) y la sonoridad (Sone).

El modelo cognitivo de PESQ termina brindando una distancia entre la señal vocal inicial y la señal vocal degradada. la que corresponde a su vez con una predicción de la MOS subjetiva.

La nota PESQ se hace corresponder a una escala similar a la de MOS, un número único en una escala de $-0,5$ a $4,5$, aunque en la mayoría de los casos la gama de las salidas estará entre $1,0$ y $4,5$, que es la gama normal de valores de MOS que suelen darse en un experimento sobre la calidad de voz.

La descripción detallada del algoritmo es compleja, y puede verse en la Recomendación referenciada.

El método PESQ es objetivo e intrusivo, ya que requiere del envío de una señal conocida de referencia para evaluar la calidad percibida de la voz. Algunos sistemas lo implementan enviando un par de segundos de audio conocido, lo que basta para poder aplicar el método.

3.5.2 ITU-T P.563

El algoritmo P.563 es aplicable para la predicción de la calidad vocal sin una señal de referencia independiente. Por ese motivo, este método se recomienda para la evaluación no intrusiva de la calidad vocal y para la supervisión y evaluación con la red en funcionamiento, empleando en el extremo lejano de una conexión telefónica fuentes de señal vocal desconocidas.

En comparación con la Rec. ITU-T P.862 (que utiliza el método basado en dos extremos o intrusivo) que compara una señal de referencia de elevada calidad con la señal degradada en base a un modelo perceptual, P.563 predice la calidad de la voz de una señal degradada sin una señal vocal de referencia dada.

El enfoque utilizado en P.563 puede visualizarse como un experto que escucha una llamada real con un dispositivo de prueba, tal como un microteléfono convencional conectado en paralelo a la línea.

Esta visualización permite explicar la principal aplicación y permite al usuario clasificar las puntuaciones obtenidas mediante P.563. La puntuación de calidad que se predice mediante P.563 está relacionada con la calidad percibida en el extremo receptor.

La señal vocal que debe evaluarse se analiza de varias formas que detectan un conjunto de parámetros de señal característicos.

En base a un conjunto restringido de parámetros clave se establece la asignación a una clase de distorsión principal. Básicamente, la parametrización de la señal del algoritmo P.563 puede dividirse en tres bloques funcionales independientes que se corresponden con las tres clases de distorsión principales:

- a) Análisis del tracto vocal y desnaturalización de la voz:
 - Voces masculinas
 - Voces femeninas
 - Voz robotizada
- b) Análisis de un ruido adicional intenso:
 - SNR estática reducida (nivel básico del ruido de fondo)
 - SNR por segmentos reducida (ruido relacionado con la envolvente de la señal).
- c) Interrupciones, silenciamientos y recorte temporal:

El modelo de calidad vocal de P.564 se compone de tres bloques principales:

1. Decisión sobre la clase de distorsión de que se trata.
2. Evaluación de la calidad vocal intermedia para la correspondiente clase de distorsión.
3. Cálculo global de la calidad vocal.

Cada clase de distorsión utiliza una combinación lineal de varios parámetros para generar la calidad vocal intermedia. La calidad vocal definitiva se calcula combinando los resultados de calidad vocal intermedia con algunas características adicionales de la señal. La descripción detallada del algoritmo es compleja, y puede verse en la Recomendación referenciada.

3.5.3 LA CALIDAD DE SERVICIO EN LA TELEFONÍA IP SEGÚN LA ARQUITECTURA PACKETCABLE.

Las distintas aplicaciones que se utilizan en la red de cable requieren de diferentes niveles de calidad de servicio. La capacidad de garantizar un servicio de buena calidad en la arquitectura PacketCable® está relacionada directamente con el correcto manejo de cuatro variables importantes:

- Ancho de banda
- Retraso variable (jitter)
- Retraso absoluto de paquetes
- Pérdida de paquetes

Los servicios multimedia en tiempo real generan flujos de bits constantes que requieren un ancho de banda reservado a pesar de que el tráfico se pudiera comportar en forma de ráfagas. El ancho de banda depende del codec empleado y de las cabeceras de datos extras que contenga el paquete final.

El retraso variable se debe básicamente a las diferentes rutas que siguen los paquetes IP durante su trayectoria debido a las condiciones de tráfico existentes en la red.

Este retraso tiene un impacto directo sobre la calidad de la voz. La congestión en la red ocasiona que los paquetes se almacenen en buffers antes de ser retransmitidos. Esto genera un retraso en la llegada de los paquetes que altera la calidad de la conversación.

El retraso absoluto puede ser ocasionado por el mal procesamiento de la señal en el MTA, en el MG o por exceso de tráfico entre un extremo y otro. Típicamente, se permite un retraso máximo de 150 ms en una vía y de 300 ms en ambos sentidos para considerar que la calidad de voz se encuentra dentro de parámetros aceptables.

Finalmente, la pérdida de paquetes se debe principalmente a la congestión de la red o al exceso de ruido en algún canal que interfiere con la óptima transmisión de la información.

Los problemas más comunes en el servicio de la telefonía IP dependen de la implantación de nuevos servicios en las redes de cable que pudieran introducir problemas que por lo menos tienen tres orígenes:

- Problemas en el CMTS
- Problemas en la planta externa
- Problemas en el sitio del suscriptor

Para determinar su origen se deben verificar distintos aspectos relacionados con la operación del equipo del suscriptor, los servicios afectados, los niveles de señal en la cabecera en ambos canales, así como la conexión y señalización entre el CMTS y la red IP.

Los problemas relacionados directamente con el servicio y el suscriptor, generalmente se presentan como ausencia del tono de marcado, retraso en la llamada, voz distorsionada, estática en la línea, llamadas incompletas y comunicación en una sola dirección.

Las causas están relacionadas con la configuración del equipo terminal, el retraso excesivo por la baja eficiencia en el procesamiento del tráfico de voz, la congestión en la red IP, pérdida de paquetes, ruido en los canales (ascendente y/o descendente), mal funcionamiento del codec utilizado, problemas de acoplamiento entre el teléfono y el MTA, errores en la señalización y un sin número de problemas en la operación de los diversos dispositivos que integran la red PacketCable®.

3.5.4 MODELO CONCEPTUAL DE QoS DE TELECOMUNICACIONES

3.5.4.1 Marco UIT-T G.1000

Se adopta el modelo conceptual de QoS descrito en la Recomendación UIT-T G.1000.

Este modelo proporciona un camino "de arriba abajo", que va desde una definición general de la calidad (ISO 8402) hasta un desglose funcional de todos los componentes de la calidad de servicio (la matriz de definición de QoS del ETR 003 de ETSI), pasando por la definición de QoS (Rec. UIT-T E.800) y de calidad de funcionamiento de la red (Rec. UIT-T I.350 e Y.1540).

Se presentan cuatro puntos de vista acerca de la QoS que hacen que las definiciones y marco general tengan sentido para todos: usuarios/clientes, fabricantes, operadores de red, proveedores de servicio, etc.

Esta manera global de abordar el problema se considera de gran utilidad, puesto que facilita una correspondencia coherente y uniforme entre el marco y las definiciones de QoS, y las medidas relativas al funcionamiento de los elementos de red de abajo arriba.

La ventaja de este método es que permite no sólo determinar los problemas relacionados con la QoS sino, también, cuantificar el problema desde diversos puntos de vista: el del cliente (por ejemplo, mediante encuestas y pruebas subjetivas) y el del proveedor de servicio (por medio de mediciones de red).

Así se consigue que la solución de un aspecto del problema (proveedor) también lo resuelva en el otro (usuario/cliente).

3.5.4.2 Relación entre los cuatro puntos de vista sobre QoS

Se puede considerar que el punto de partida lógico son las necesidades de QoS del usuario/cliente. Una vez establecido el conjunto de necesidades, se las puede tratar aisladamente..

El nivel de calidad ofrecido dependerá de las consideraciones sobre costo de la calidad, aspectos estratégicos de la actividad comercial del proveedor, índice de calidad "mejor producto" y otros factores.

La combinación de las relaciones constituye la base de una gestión práctica y efectiva de la calidad del servicio y se podrá apreciar, que se está mejorando cuando los cuatro puntos de vista para un servicio determinado empiecen a converger.

Para que un marco de QoS sea verdaderamente útil y lo suficientemente práctico, debe tener sentido en todas las perspectivas, como se ilustra en la Figura 3-2

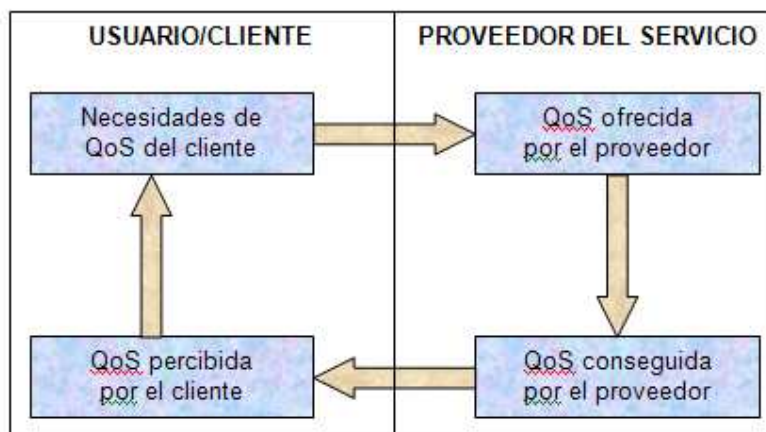


Figura 3-2 CUATRO PUNTOS DE VISTA SOBRE QoS

3.5.4.3 Obtención y definición de las necesidades de QoS del usuario/cliente

La metodología comprende dos pasos, en el primer paso se deriva un marco específico del servicio, identificando los criterios particulares de calidad del servicio en estudio y en el segundo paso se verifica las necesidades de QoS del usuario/cliente.

Los criterios de calidad de un servicio de telecomunicación se pueden derivar a partir de la matriz que se presenta en la Figura 3.3. La matriz fue el resultado de un estudio realizado por la FITCEF y fue acogida por ETSI y por la UIT-T para la aplicación de telefonía básica, pero puede ser utilizada para cualquier servicio de telecomunicaciones.

FUNCIÓN DEL SERVICIO		CRITERIOS DE CALIDAD DE SERVICIO						
		Velocidad 1	Precisión 2	Disponibilidad 3	Fiabilidad 4	Seguridad 5	Simplicidad 6	Flexibilidad 7
GESTIÓN DE SERVICIO	Ventas y actividades precontractuales 1							
	Prestación 2							
	Alteración 3							
	Atención al cliente 4							
	Reparaciones 5							
	Cese 6							
CALIDAD DE LA CONEXIÓN	Establecimiento de conexión 7							
	Transferencia de información 8							
	Liberación de conexión 9							
	Facturación 10							
	Gestión de la red/ servicio por el cliente 11							

Tabla 3-3 MATRIZ PARA FACILITAR LA IDENTIFICACION DE LOS CRITERIOS DE QoS

3.6 PARÁMETROS DE QoS

Los parámetros de QoS contemplados en esta norma por lo general fueron identificados utilizando la matriz de referencia detallada en la figura anterior previo una evaluación y análisis de la información (reportes, encuestas, registro de reclamos) sobre los requerimientos de QoS desde el punto de vista del usuario/cliente, que ha generado la SUPERTEL, la Tribuna Ecuatoriana de los Consumidores y Usuarios y la Defensoría del Pueblo.

Utilizando esta metodología se puede asegurar que los parámetros identificados están orientados a satisfacer las verdaderas necesidades de QoS desde la perspectiva del cliente.

Solamente en los casos de no disponer de información de los requerimientos de QoS de los usuarios/clientes de algún servicio de telecomunicaciones, los parámetros se han identificado tomando en cuenta normas emitidas por organismos internacionales como ETSI, normas de otros países y resultados de estudios de benchmarking en general.

Los parámetros de QoS se han definido con un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para los usuarios/clientes y operadores y están concebidos de tal forma que puedan ser fácilmente comparables los niveles de QoS alcanzados por éstos. De esta manera se permite que el usuario/cliente pueda diferenciar el nivel de calidad conseguido por los diferentes operadores.

De acuerdo a la metodología empleada para identificar los parámetros de QoS, éstos se identifican por la función y el criterio de la siguiente forma:

FUNCIÓN GENERAL	FUNCIÓN ESPECÍFICA	CRITERIO
1. GESTIÓN DE SERVICIO	1. Ventas y actividades precontractuales 2. Prestación 3. Alteración 4. Atención al cliente 5. Reparaciones 6. Cese	1. Velocidad 2. Precisión 3. Disponibilidad 4. Fiabilidad 5. Seguridad 6. Simplicidad 7. Flexibilidad
2. CALIDAD DE LA CONEXIÓN	1. Establecimiento de la conexión 2. Transferencia de la información 3. Liberación de la conexión	
3. FACTURACIÓN	1. Facturación	
4. GESTIÓN DE LA RED / SERVICIO POR EL CLIENTE	1. Gestión de la red / servicio por el cliente	

Tabla 3-4 METODOLOGIA EMPLEADA PARA IDENTIFICAR LOS PARAMETROS DE QOS

La definición de los parámetros y la metodología de la medición se basaron en normas de ETSI, Recomendaciones de UIT-T, contratos actuales de concesión y normas de otros países.

Los parámetros de QoS para los diferentes servicios de telecomunicaciones se detallan en los anexos.

De acuerdo a la evaluación de QoS de los diferentes servicios, se ha creído conveniente que la presente norma contemple parámetros de QoS cuyos valores objetivos deben ser obligatoriamente cumplidos.

El CONATEL promoverá la implementación de un sistema autorregulado de QoS, donde los valores objetivos de los parámetros de QoS definidos en esta norma sean establecidos por los operadores.

Con un sistema de información adecuado para los usuarios/clientes el propio mercado se encargará de regular. La introducción de este sistema dependerá del servicio, la mejoría de QoS percibida por el usuario/cliente y el nivel de competencia alcanzado.

Sobre la regulación de la QoS de voz y multimedia en redes IP, la SENATEL realizará los estudios necesarios y una vez finalizados, se propondrá agregar a esta norma los parámetros de QoS pertinentes.

3.7 REPORTE

En el sistema adoptado de regulación de QoS, los reportes que deberán entregar los operadores son fundamentales para que los entes de control y regulación puedan verificar el cumplimiento de los objetivos detallados en la presente norma.

Se procurará que los nuevos requerimientos de QoS, no modifiquen drásticamente los sistemas actuales que disponen los operadores para la generación, registro y reportes de las mediciones de parámetros de QoS. Más bien que se constituyan en elementos de mejora y motivo para optimizar el sistema general de gestión de QoS del operador.

Los reportes deberán ser entregados a la SUPERTEL y SENATEL en forma impresa y en archivo electrónico, dentro de los diez días calendario posteriores a la fecha de finalización de cada trimestre del año calendario. El reporte contendrá lo siguiente, de acuerdo al formato que la SENATEL elaborará para el efecto:

- A. Nivel de QoS conseguida (Marco UIT-T G.1000) por el operador y que corresponde a los valores obtenidos de la medición de cada parámetro del trimestre anterior.
- B. Nivel de QoS ofrecida (Marco UIT-T G.1000) por el operador, es decir los valores de cada parámetro que el operador espera poder ofrecer y que han sido utilizados en la planificación de los recursos para ofrecer el servicio.
- C. Valor objetivo establecido en esta norma para cada parámetro.
- D. Detalle de los procedimientos técnicos, sistemas e instrumentos o equipos utilizados en la medición de cada parámetro.

Los reportes deberán ser enviados conjuntamente con una carta firmada por la máxima autoridad del operador y con una declaración de que la información es exacta y verdadera. La información contenida en los reportes no puede ser considerada como información confidencial.

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en las simulaciones se pueden extraer las conclusiones que se indican a continuación:

Las pruebas simuladas demuestran que la calidad de servicio efectivamente consiste en la capacidad de la red para reservar ciertos recursos disponibles para un tráfico concreto con la intención de proporcionar un determinado servicio.

Se debe tener en cuenta que en la red HFC se pueden utilizar diferentes tecnologías de transporte (como pueden ser Frame Relay, X.25, SDH, ATM, etc) por lo que se puede concluir que la gestión de QoS implica la interacción con estas tecnologías y con los equipos de conmutación, que son los que finalmente determinarán el nivel de QoS alcanzado.

El servicio de las redes HFC se contempla como uno de los de mayor crecimiento en el mercado nacional, por lo que se justifica la tendencia de las diferentes empresas de sustituir progresivamente la planta de coaxial por fibra óptica, acercando la fibra hacia el usuario.

En las nuevas empresas que se crean en la actualidad, la red troncal es de fibra óptica y la red de distribución es de coaxial, pero es posible concluir que a medida que el coste de los equipos ópticos sean más asequibles más se acercará la fibra óptica al usuario.

Una de las características que ofrece la red HFC como método de acceso en las redes de telecomunicaciones es su capacidad de ofrecer y soportar todos servicios por un único acceso y de forma integrada.

En nuestro país, la mayoría de las redes HFC se superponen sobre una red de transporte SDH de alta velocidad, que brinda la capacidad para todo tipo de servicios de transporte, acceso telefónico y de datos, por lo que se puede concluir que la tecnología HFC está encaminada a brindar múltiples servicios sobre una misma red de acceso, coincidiendo con la tendencia a la convergencia de servicios.

Los servicios clásicos de las redes HFC son la TV, telefonía y Internet, pero a estos se pueden unir otros servicios interactivos como consecuencia de las características intrínsecas de las arquitecturas y tecnologías HFC.

La aplicación de mayor valor se obtiene entre puntos de agregación de la red, por ejemplo entre gateways, con un gran número de llamadas de prueba para simular el comportamiento de la red en presencia de volúmenes de tráfico reales. Visto de esta manera, se puede establecer un número de calidad de la red como una métrica de referencia para otras pruebas.

Cuando se analizan las puntuaciones de las pruebas para los distintos puntos de red, estas se pueden comparar con el promedio de la red para determinar posibles fallas tales como un mal funcionamiento del codec en el MTA o propensiones como rutas insuficientes.

Los dos métodos más comunes que se utilizan para obtener puntuaciones MOS en una red de cable, son el uso de información tanto de llamadas actuales como de archivos de voz de prueba generados por un servidor ubicado en la red, de lo cual se puede concluir que ambos métodos utilizan software de prueba en puntos de medición estratégicos en la red, para recolectar estadísticas sobre pérdida de paquetes y retrasos y hacer comparaciones entre ellas.

En versiones anteriores a PacketCable 1.5 no eran necesarios los MTAs con cablemodem incluido (eMTA) que pudieran regresar datos para generar puntuaciones sobre la calidad de la voz, por lo cual se puede llegar a concluir que casi todo el análisis de los datos de llamadas ocurre en puntos de agregación de la red y se realiza con equipo fijo montado en racks.

Puntuaciones de MOS bajas reflejan la existencia de algún problema en la red pero se requieren aún más mediciones para localizar el problema en la planta RF, en el bloqueo de tráfico o la degradación de los paquetes en los eMTAs.

PacketCable 1.5 simplifica el proceso de detección de fallas y ofrece la posibilidad de hacerlo sin interrumpir el servicio, basta con tan sólo especificar los puntos terminales que deben intercambiar reportes bajo el protocolo de transporte en tiempo real (RTP) para tomar medidas de información de las llamadas en vivo.

Este requerimiento exige que el eMTA transmita el factor R del modelo E y puntuaciones derivadas de MOS, así como la pérdida de paquetes, paquetes eliminados por retraso, niveles de la señal y del ruido y pérdida por eco residual. Como conclusión se espera que los eMTAs de esta versión de PacketCable predominen en los siguientes años.

La pregunta de cuándo y dónde se deben hacer las pruebas, está altamente determinada por una combinación entre calidad y economía. Pruebas amplias para precalificar la red son indispensables antes de iniciar la oferta del servicio telefónico y también cuando el sistema sufre nuevas configuraciones.

Si no se contara con la disponibilidad automática de información proveniente de los terminales cuyas características han sido especificadas en PacketCable 1.5, la degradación potencial de la calidad que pudiera causar la pérdida de clientes tendría que equilibrarse con el costo que implica enviar a un técnico de campo a hacer mediciones sobre la calidad del servicio.

La disponibilidad de datos del tipo **RTCP XR** y la recolección automática de datos en puntos de administración centralizados en la red, permiten que haya un monitoreo continuo y la generación de datos para lograr una óptima calidad en la voz.

Los RTCP XR son reportes extendidos (XR, eXtended Reports) del protocolo de control de RTP (Real-time transport protocol) que han sido diseñados por el Internet Engineering Task Force para añadir información en los paquetes RTCP que se transmiten por los eMTAs que cumplen con la especificación PacketCable, por lo que se puede concluir que este tipo de protocolos contemplan la calidad de servicio automatizada e implica un ahorro económico al momento de recolectar información necesaria para evaluar la voz y las razones de su degradación.

El codec seleccionado para el sistema influye de manera importante sobre la calidad de voz que se entrega al usuario final; el criterio básico considera que mientras menor sea el ancho de banda utilizado por el codec, menor será la calidad de voz. En entornos WAN se emplean, generalmente, codecs de baja tasa de bit para optimizar el uso del AB disponible.

La determinación y ponderación de los criterios generales necesarios para determinar la mejor tecnología de voz, aplicada a los requerimientos de los clientes, se puede concluir que está basada en opiniones subjetivas, manteniendo como finalidad la búsqueda de la mejor tecnología de telefonía IP enfocada principalmente al aspecto tecnológico y no económico.

Si bien el presente proyecto de titulación es la solución a un problema específico, se ha logrado establecer un modelo, el cual puede manejarse como guía para elaborar nuevos modelos en función del avance de la tecnología. Este procedimiento es abierto y adaptable porque los pasos descritos pueden ser cambiados, siempre que satisfaga de manera óptima los requerimientos del modelo a diseñar.

4.2 RECOMENDACIONES

De la experiencia adquirida durante la generación de este proyecto, se puede emitir las recomendaciones siguientes:

Se recomienda tener en cuenta dentro del plan de estudios de la carrera de Electrónica y Redes de información, se enfoque la red HFC como una de las tecnologías de acceso más comercializadas a nivel local, debido a la tendencia actual de convergencia de servicios dentro de una misma red.

Si bien es cierto que existen modelos que hacen posible medir la calidad de servicio, se recomienda hacer un análisis previo del tipo de tecnología y la red de acceso con la que se brindará el servicio de telefonía, para en base de este estudio previo se aplique el modelo que más se acomoda a nuestra red y tener un dato certero de la calidad de servicio que se ofrece y la que es percibida por los clientes.

Se debe definir un conjunto de protocolos de red para establecer clases de QoS para redes IP. Mecanismos y protocolos que permitan una QoS dinámica sobre múltiples redes.

Un SLA es un protocolo plasmado normalmente en un documento de carácter legal por el que una compañía que presta un servicio a otra se compromete a prestar el mismo bajo unas determinadas condiciones y con unas prestaciones mínimas. Un SLA tratará de mantener y de garantizar la calidad de un servicio brindado a un cliente, por lo mismo, se recomienda antes de contratar un proveedor de servicios de telecomunicaciones, revisar detenidamente las condiciones en la que se ofrece dicho servicio, y una vez contratado el servicio, verificar si se está cumpliendo con lo ofertado.

Con la introducción de nuevas tecnologías se vuelve necesario realizar una actualización a las normas de diseño y construcción de redes de servicios, y además crear normas para diseño y construcción de redes de datos que contemplen calidad de servicio. Por esta razón se recomienda verificar la vigencia del marco regulatorio, y de ser necesario solicitar al ente regulador, mantenerse a la par de los avances tecnológicos para, según la evolución de la redes de nueva generación, actualizar la normas que regulen los servicios en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS Y MANUALES

ASENCIO Cristina, IP Multimedia, Segunda Edición, Thomson, 1998.

AULESTIA, Hugo Fotelletto de Telefonía Abril- Agosto 2005.

BATES Regis, Broadband Telecommunications Handbook, Segunda Edición, McGraw-Hill, 2002.

CISCO, Cisco Voice over IP Student Guide, Version 4.2, Cisco Systems, 2004.

CISCO, Guía del primer año CCNA 1 y 2, Tercera Edición, Cisco Systems, 2004.

Datos proporcionados por la unidad de Conmutación de Setel.

DAVISON Jonathan, Fundamentos de Voz sobre IP, Pearson Educación, 2001.

GUICHARD Jim, MPLS and VPN Architectures, 1ra Edición, Cisco Press 2002.

INTERNET

http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/HFC/Arquitectura%20red/arquitectura_HFC.htm

http://www.netqos.com/solutions/voip_monitor/index.html

<http://www.scribd.com/doc/991752/VoIP-MOS-The-Mean-Opinion-Score-and-VoIP>

<http://voip.bankio.com/articulos/h323.htm>, Artículos VoIP.

<http://isptrader.com/pricelist.htm>

<http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/cerlangb.htm>

www.austrointernet.cl/detalle.html, Telefonía IP.

www.adiptel.com/soluciones/calidad_servicio.php, Calidad de Servicio en VoIP

www.cablelabs.com/specifications/doc10.html, CableLabs Specifications

www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=35, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones.

www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=45, Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones.

www.cisco.com/warp/public/cc/pd/iosw/prodlit/mpios_wp.pdf

www.informit.com/article.aspx?p=386788&seqNum=2

www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml

www.nuntius.com/docs/QoSandMPLS1.pdf

www.protocols.com/pbook/mpls.htm#MPLS

www.tecnologicoamper.com/descargas/seminario01CC.pdf

www.recursosvoip.com, Recursos de Telefonía IP.

www.um.es/atica/qos-en-telefonía-ip, Calidad de Servicio.

www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna, Tecnologías de Acceso HFC.

www.voipforo.com, Foro de VoIP.

www.vixion.com/adaptador_de_telefono_analogico_linksys_pap2_10409176_p.htm