



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS
“TRIPLE PLAY” CON INFRAESTRUCTURA Y
PLATAFORMA IP**

Jorge Francisco Díaz González
Asesorado por el Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez

Guatemala, agosto de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS
“TRIPLE PLAY” CON INFRAESTRUCTURA Y
PLATAFORMA IP**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JORGE FRANCISCO DÍAZ GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO MANUEL FERNANDO BARRERA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO
GUATEMALA, AGOSTO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS “TRIPLE PLAY” CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 22 de agosto de 2005.

Jorge Francisco Díaz González

AGRADECIMIENTOS A:

Guatemala, Marzo del 2007

Ingeniero.
Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio le informo que como asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante de la carrera de ingeniería electrónica **JORGE FRANCISCO DIAZ GONZALEZ**, carne 94-16633, procedí a revisar el informe final de la practica de EPS, titulado **OPTIMIZACION E IMPLEMENTACION DE SERVICIOS "TRIPLE PLAY" CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP**, habiéndolo encontrado satisfactorio.

Cabe Mencionar que los puntos planteados en este trabajo contribuyen un valioso aporte a la Universidad de San Carlos de Guatemala a la empresa Telecomunicaciones de Guatemala S.A. y en general a la republica de Guatemala.

En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitando dar el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente.


Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez
Gerencia Ingeniería Telgua / Telered
Colegiado No 4731
Asesor EPS



Guatemala, 21 de marzo de 2007
Ref. EPS. C. 220.03.07

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **JORGE FRANCISCO DIAZ GONZALEZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **"OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS "TRIPLE PLAY" CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica



KIER/jm



Guatemala, 21 de marzo de 2007
Ref. EPS. C. 220.03.07

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS "TRIPLE PLAY" CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP"**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **JORGE FRANCISCO DIAZ GONZALEZ**, quien fue asesorado por el Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

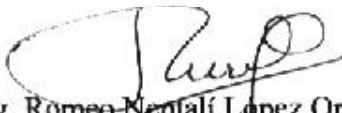
Guatemala, 25 de julio de 2007.

Ingeniero Renato Escobedo
Director de la Escuela Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos.

De manera atenta informo a usted que he revisado el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) titulado: **“OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS “TRIPLE PLAY” CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP”**

Este trabajo fue desarrollado por el estudiante universitario JORGE FRANCISCO DIAZ GONZÁLEZ, el cual cumple con los objetivos planteados.

Por tal razón doy por aprobado el mismo.


Ing. Romeo Neptalí López Orozco.
Revisor.

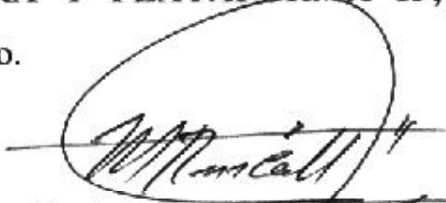


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; JORGE FRANCISCO DIAZ GONZÁLEZ titulado: **OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS "TRIPLE PLAY" CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 1 DE AGOSTO 2,007.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 280.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS "TRIPLE PLAY" CON INFRAESTRUCTURA Y PLATAFORMA IP**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Francisco Díaz González**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2007



/gdech

DIOS	Por haberme dado la oportunidad de conocerle, crecer en sabiduría y gracia, por las infaltables fuerzas y por iluminar mi camino para culminar este trabajo de graduación.
MIS PADRES	Francisco Rodolfo Díaz Díaz y Olga Esperanza González de Díaz, quienes me brindaron su ayuda y amor, elevando a Dios una oración para que el esfuerzo que ellos realizaron le sea recompensado al ciento por uno.
MI ESPOSA	Adelina, por su amor, comprensión, apoyo y por compartir bellos momentos.
MIS HIJOS	Gabriela Edith y Francisco Aarón, para que esto le sirva de ejemplo y que sus sueños y anhelos los puedan conquistar.
MIS HERMANOS	Delfina, Marisol, Jackeline, Lisbeth, Rodolfo, Mildred, Flor de Liz, Arely y Enrique. Por el apoyo.
FAMILIARES Y AMIGOS	Con cariño sincero, por los momentos compartidos.
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC	Por la oportunidad de estudiar una carrera universitaria para poder contribuir al desarrollo de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES		IX
LISTA DE ABREVIATURAS		XIII
GLOSARIO		XVII
RESUMEN		XXI
OBJETIVOS		XXV
INTRODUCCIÓN		XXVII
1.	APLICACIONES DE USUARIOS QUE INTEGRAN SERVICIOS ‘TRIPLE PLAY’, VOZ, DATOS Y VIDEO	1
1.1	Convergencia de voz, datos y <i>video</i> .	1
1.1.1	Demanda de nuevos servicios de telecomunicaciones	1
1.2	Transporte de voz/fax a través de redes IP	2
1.2.1	Tipos de voz sobre IP	3
1.2.2	Aplicaciones de VoIP	5
1.2.2.1	Centro de atención de llamadas a <i>Internet</i>	6
1.2.2.2	Aplicaciones de fax y mensajería unificada	6
2.	INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ EN REDES IP	7
2.1	Introducción a la transmisión e integración de voz en redes IP	7
2.1.1	Transmisión de voz sobre IP	7
2.1.2	Integración de la telefonía tradicional con redes de datos	8
2.2	Recomendaciones H.323	9

2.2.1	Estándares H.323	11
2.2.2	Dispositivos definidos por H.323	11
2.2.2.1	Terminales	12
2.2.2.1.1	Ejemplo de los estándares H.323 para una terminal	12
2.2.2.2	<i>Gateways</i> o entradas	12
2.2.2.2.1	Características de la entrada	13
2.2.2.3.	<i>Gatekeepers</i> o porteros	15
2.2.2.3.1	Características del portero	15
2.2.2.3.2	Funciones obligatorias del portero	17
2.2.2.3.3	Funciones opcionales del portero	18
2.2.2.4	Unidades de control multipuerto (MCU`s)	19
2.2.3	Arquitectura de protocolos	19
2.2.3.1	CODEC de audio	22
2.2.3.2	CODEC de <i>video</i>	22
2.2.3.3	H.225 registro, admisión y estado	23
2.2.3.4	Señalización de llamada H.225	23
2.2.3.5	Señalización de control H.245	24
2.2.3.5.1	Ejemplo de una señalización de llamada H.225 y de señalización de control H.245	25
2.2.3.6	RTP	30
2.2.3.6.1	Formato del PDU RTP	31
2.2.3.6.2	Impacto de RTP en el ancho de banda requerido para VoIP	31
2.2.3.7	RTCP	33
2.3	Telefonía en la lan	34
2.3.1	Ejemplos de soluciones de fabricantes de telefónica en lan	36
2.4	Telefonía por <i>Internet</i>	37
2.5	Algunos aspectos importantes a considerar en la aplicación de VoIP.	38
2.5.1	Ancho de banda necesario	38

2.5.2	Calidad en la transmisión de la voz	38
2.5.3	Aspectos regulatorios	39
3.	DATOS DE ALTA VELOCIDAD CON TECNOLOGÍA XDSL	41
3.1	Introducción	41
3.2	Definición	42
3.3	Arquitectura	44
3.3.1	El par de cobre y sus características como medio de transmisión	44
3.3.1.1	Atenuación	46
3.3.1.2	Ruido	47
3.3.1.2.1	Ruido intrínseco	47
3.3.1.2.2	Ruido extrínseco	47
3.3.1.3	<i>Crosstalk</i>	47
3.3.1.3.1	<i>NEXT (near end crosstalk)</i>	48
3.3.1.3.2	<i>FEXT (far end crosstalk)</i>	48
3.3.1.4	Dispersión	48
3.3.1.5	<i>Bridge tap</i>	48
3.3.1.6	Distribución frecuencial	49
3.3.1.7	Cancelación de ecos	49
3.3.1.8	Entrelazado	50
3.3.2	DSLAM	50
3.3.3	Beneficios de la tecnología XDSL	50
3.3.4	ATM sobre enlaces XDSL	51
3.5	Tecnologías XDSL	53
3.5.1	ADSL	53
3.5.1.1	Rendimiento de ADSL	54
3.5.1.2	Funcionamiento	55

3.5.1.3	<i>Splitter</i>	57
3.5.1.4	Modulación	58
3.5.1.5	Ventajas y limitaciones	63
3.5.1.6	ADSL frente a RDSI	66
3.5.2	VDSL	68
3.5.2.1	Velocidades	69
3.5.2.2	Ancho de banda	70
3.5.3	HDSL	72
3.5.3.1	Códigos de línea	73
3.5.3.2	Ancho de banda	74
3.5.3.3	Aplicaciones y ventajas	74
3.5.4	HDSL2 o SHDSL	75
3.5.5	SDSL	77
3.5.6	MDSL	77
3.5.7	IDSL – IDSL-BA	77
3.5.8	G.SHDSL	79
3.5.9	Tablas comparativas de XDSL	80
3.5.9.1	Características de tecnologías XDSL	80
3.5.9.2	Comparación velocidad, distancia y aplicaciones	81
3.5.9.3	Banda de frecuencias y tasas de <i>bits</i>	82
3.6	Calidad de servicio (QoS)	82
3.6.1	Propuesta de arquitectura de servicios integrados (<i>IntServ</i>)	85
3.6.2	Propuesta de arquitectura de servicios diferenciados (<i>DiffServ</i>)	86
3.6.2.1	Servicios con absoluta garantía	87
3.6.2.2	Servicios con tratamiento diferenciado	88
3.6.3	Clases de Servicio (CoS)	89

4.	TELEVISIÓN SOBRE IP	91
4.1	Introducción	91
4.1.1	Efectos del <i>delay</i> en el <i>video</i>	91
4.2	Red de referencia	92
4.2.1	Componentes	92
4.2.2	Configuración de la red	97
4.2.2.1	Paso 1: distribución de la señal al <i>router</i> de distribución	98
4.2.2.2	Paso 2: distribución de la señal al <i>router</i> de agregación	98
4.3	Funcionamiento de cambio de canal	99
4.3.1	Enlace de un nuevo canal	99
4.3.2	Desconexión del canal anterior	102
4.3.3	Factores que afectan el tiempo de <i>zapping</i> y la calidad	103
4.3.3.1	Codificación	103
4.3.3.2	Encriptación	104
4.3.3.3	Implementación del STB	104
4.3.3.4	Red	105
4.4	Mejorando el tiempo de <i>zapping</i>	106
4.4.1	Codificación	106
4.4.2	Encriptación	107
4.4.3	Implementación del STB	107
4.4.4	Diseño de la red	108
4.4.4.1	Tiempo de desconexión de la red	109
4.4.4.2	Tiempo de enlace de la red	109
4.5	Algoritmos de compresión y codificación	110
4.5.1	Compresión de imágenes sin pérdidas	111
4.5.2	Compresión de imágenes con pérdidas	111
4.5.3	Clasificación de algoritmos de compresión	112
4.5.3.1	Transmisión de imágenes completas	112
4.5.3.1.1	Compresión JPEG	112

4.5.3.1.2	Compresión MJPEG	112
4.5.3.1.3	Compresión <i>Wavelet</i>	113
4.5.3.2	Transmisión de diferencias entre imágenes	113
4.5.3.2.1	Compresión MPEG	113
4.5.3.2.2	Compresión MPEG1	114
4.5.3.2.3	Compresión MPEG 2	114
4.5.3.2.4	Compresión MPEG4-2	114
4.5.3.2.5	Compresión MPEG4-10 O H.264	114
4.5.4	Conceptos de <i>video</i> digital <i>frame rate</i> y <i>bit rate</i>	115
4.6	Optimización del <i>video</i> en la red	116
4.6.1	Servicios de transporte frente a servicios de administración de aplicaciones	117
4.6.2	Requisitos del servicio de <i>video</i>	117
4.6.2.1	Ancho de banda	118
4.6.2.2	Calidad de servicio	119
4.6.2.3	<i>Multicast</i> y cambio de canal	120
		123
5.	DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE UNA RED <i>TRIPLE PLAY</i>	
5.1	Integración de una red <i>triple play</i>	123
5.1.1	Etapas de acceso y agregación	125
5.1.2	Separación de los servicios	127
5.2	Diseño de un red <i>triple play</i>	129
5.2.1	Topología de la red	129
5.2.2	Lista de dispositivos	130
5.2.3	Flujo de los protocolos	130
5.2.4	Estrategia de QoS	131
5.2.5	Flujo de llamada	132
5.2.5.1	Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3, VPN para	132

	sesiones PPPoE	
5.2.5.2	Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3, VPN para sesiones IP	133
5.3	Arquitectura <i>triple play</i> relacionada a los estándares existentes	137
5.3.1	WT-101 mapeo de servicios	138
5.3.1.1	Mapeo de servicios en la red de acceso.	139
5.3.1.1.1	Arquitectura de acceso de Multi-VC	139
5.3.1.1.2	Arquitectura de acceso <i>EtherType</i>	140
5.3.1.1.3	Arquitectura de acceso Multi-VLAN	141
5.3.1.2	Mapeo de servicios en la red de agregación	141
5.3.1.2.1	Modelo VLAN N: 1	142
5.3.1.2.2	Modelo Vlan 1:1	143
5.3.2	WT-101 Arquitectura de QoS	144
5.3.2.1	Centralización de la arquitectura de QoS	145
5.3.2.2	Distribución de la arquitectura de QoS	146
5.3.3	WT-101 Arquitectura de borde de capa 3	146
5.3.3.1	Borde simple de capa 3	146
5.3.3.2	Borde múltiple de capa 3	146
5.3.4	WT-101 arquitectura <i>multicast</i>	147
5.3.4.1	Réplica centralizada	147
5.3.4.2	Réplica distribuida	147
5.3.4.3	Análisis estadístico	148
5.4	Configuración del diseño de la red para servicios <i>triple play</i>	150
5.4.1	Configuración del ISG en la red	151
5.4.1.1	Configurando el servidor AAA y la conexión del servidor <i>RADIUS</i>	151
5.4.1.2	Configuración PPPoE y la conexión del CPE y PE	152

5.4.1.3	Configuración de línea base del ISG para servicios del suscriptor	154
5.4.1.4	Configuración de listas de acceso <i>Inbound</i> y <i>Outbound</i>	155
5.4.1.5	Configuración de QoS para <i>triple play plus</i>	156
5.4.1.6	Configuración de listas de acceso para <i>triple play plus</i>	157
5.4.2	Configuración perfiles en la red	158
5.4.2.1	Configuración de la redirección de la capa 4	158
5.4.2.2	Configuración del <i>PBHK</i>	159
5.4.2.3	Configuración de los perfiles del servicio	159
5.4.2.4	Configuración de perfiles de usuarios	161
5.4.3	Configuración del CPE <i>Bridge</i> en la red	161
5.4.4	Configuración del PE en la red	163
5.5	Retorno de la inversión	164
5.5.1	Ventajas del servicio <i>triple play</i>	164
CONCLUSIONES		167
RECOMENDACIONES		169
BIBLIOGRAFÍA		173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Tipos de voz sobre IP	4
2	<i>Gateway</i> de voz sobre IP	8
3	Recomendación ITU-T H323	10
4	Modelo H.323	11
5	Terminales H.323	13
6	Protocolos activos de la entrada	14
7	Componentes y zona H.323	16
8	Componentes del portero	17
9	Arquitectura de protocolos H.323	21
10	Protocolos RTP/RTCP para VoIP	21
11	Modelo de protocolos para multimedia	22
12	Establecimiento de la llamada H.323	26
13	Control de señales de flujos H.323	27
14	Flujo y control de los medios H.323	28
15	Lanzamiento de la llamada H.323	29
16	Protocolo de transporte en tiempo-real, RTP	30
17	Formato del PDU RTP	32
18	Protocolo de control de transporte de tiempo-real, RTCP	34
19	Evolución de sistemas IP-PBX	35
20	Ejemplo: Arquitectura AVVID	37
21	Distribución del espectro de frecuencia en XDSL	43
22	Multiplexor DSLAM y su enrutamiento	51
23	Torre de protocolos ATM / ADSL	53
24	Prestación de servicios con acceso ADSL.	53
25	Esquema de ADSL.	54

26	Funcionamiento de la tecnología ADSL.	56
27	Funcionamiento del <i>splitter</i> y manejo de señales ADSL	58
28	Modulación ADSL DMT con FDM	61
29	Caudal máximo de módems ADSL	63
30	Arquitectura VDSL	68
31	Instalación VDSL	69
32	Comparación de la capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL	71
33	Distribución ancho de banda en VDSL	72
34	Comparación de los espectros de frecuencias de HDSL y T1 AMI	73
35	Red HDSL2	76
36	Características de cada tecnología XDSL.	80
37	Topología de referencia básica de TVoIP y flujo para cambio de canales	93
38	Esquema básico para digitalización de una imagen análoga	94
39	Digitalización de la imagen	94
40	Calidad de la imagen	94
41	Efectos de pequeños tiempos de enlace	106
42	STB, red y eventos de codificación	107
43	Tipos de fotogramas en mpeg	114
44	Arquitectura básica de una red de <i>video IP</i>	119
45	Descripción de una arquitectura <i>triple play</i> .	123
46	Ejemplo de flujo del tráfico a través de la red <i>triple play</i>	124
47	Ejemplo de la etapa de agregación y acceso	126
48	Topología de red	129
49	Flujo del protocolo	130
50	Protocolos activos	131
51	Interfaces de QoS	131

52	Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3, VPN para sesiones PPPoE	133
53	Flujo de llamada de acceso a la capa 3, VPN con autenticación no-TAL para sesiones IP	134
54	Flujo TAL basado en la llamada de acceso a la capa 3, VPN para las sesiones IP	136
55	Arquitectura de acceso Multi-VC	139
56	Arquitectura de acceso <i>EtherType</i>	140
57	Arquitectura de acceso Multi-VLAN	141
58	1:1 + N:1 mapeo de servicio en arquitectura de acceso multi-VC	145
59	1:1 + N:1 mapeo de servicio en arquitectura de acceso <i>EtherType</i>	145
60	Ancho de banda para réplica centralizada frente a distribuida con 5,000 suscriptores	149
61	Ancho de banda para réplica centralizada frente a distribuida con 200 suscriptores	149
62	Topología de los dispositivos básicos de la red diseñada	151

TABLAS

I	Recomendaciones H.323	10
II	Ganancia de compresión de voz para varios codec ITU-T usando RTP/UDP/IP/PPP	33
III	Velocidades máximas y comparación entre tipos XDSL	43
IV	Cableados de ADSL	46
V	Beneficios de XDSL.	51
VI	Comparación entre ADSL y RDSI	67
VII	Tasas de bajada VDSL	70
VIII	Comparación de velocidad, distancia y aplicaciones	81
IX	Banda de frecuencias y tasas de <i>bits</i>	82
X	Relación entre las clases de servicios integrados y las de ATM	86
XI	CoS para cv y categoría de servicio	90
XII	Comparación entre ancho de banda, calidad de imagen, tiempo de refresco, en diferentes formatos de compresión	115
XIII	Anchos de banda para MPEG2	116
XIV	Anchos de banda para MPEG4	116
XV	Comparación de los requisitos de los servicios del transporte y su aplicación	118
XVI	Estado de latencia y <i>delay</i> del canal	121
XVII	Configuración de QoS en la etapa de acceso y agregación	128
XVIII	Lista de dispositivos	130
XIX	Estrategias de QoS	132

LISTA DE ABREVIATURAS

ABR	<i>Available bit rate / bit rate</i> disponible
ACF	Confirmación
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica
AF PHB	Comportamiento por saltos de reenvío asegurado
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estandarización
ARJ	Rechazo
ARP	Protocolo para resolución de direcciones
ARQ	Petición de admisión
ATM	Modo de transferencia asíncrono
ATU-C	Unidad transmisor-receptor de ADSL, extremo central
ATU-R	Unidad transmisor-receptor de ADSL, extremo remoto
BCF	Confirmación
BERT	Medición de tasa de error
B-ISDN	Banda ancha ISDN
BRJ	Rechazo
BRQ	Petición de ancho de banda
CAP	Modulación por amplitud de fase sin portadora
CAS	Servidor de acceso condicional
CAT	Tabla de acceso condicional
CBR	<i>Constant bit rate / bit rate</i> constante
CODEC	Codificador / decodificador
CPE	<i>Customer Premise Equipment /</i> Equipo premisa del cliente
CRC	Chequeo cíclico redundante
DCSP	Servicio diferenciado código de punto
DHCP	Protocolo de control dinámico del cliente
DiffServ	Servicios diferenciados
DMT	Demodulación multitono discreto

DSLAM	Multiplexor de acceso de línea de subscritor digital
EF PHB	Comportamiento por saltos de reenvío expedito
EHT	Rendimiento explícito del usuario
EPG	Guía de programación electrónica
FDD	<i>Frequency división duplexing</i> / Duplicación por división de frecuencia
FDM	Multiplexión por división de frecuencia
FEC	Corrección de errores sin retransmisión /forward error correction
FEXT	Interferencia lejana del final / <i>Far end crosstalk</i>
G.SHDSL	Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto 2 mejorado
GOP	Grupo de fotografías
GRQ	Descubrimiento del portero
HDSL	Línea de abonado digital de índice alto de datos
IDSL	Línea de abonado digital ISDN
IETF	Grupo de Trabajo en Ingeniería de <i>Internet</i>
IGMP	Protocolo de administración del grupo de <i>Internet</i> / <i>Internet group management protocol</i>
IntServ	Servicios integrados
IP	Protocolo de <i>Internet</i>
IPX	Paquete intercambiable de <i>Internet</i>
ISDN	Red de servicios digitales integrado
ISG	Puerta de enlace con servicio inteligente
ISO	Organización internacional de estandarización
ISP	Proveedor de servicios de <i>Internet</i>
ITSP	Proveedor de servicios de telefonía e <i>Internet</i>
ITU-T	Unión internacional de telecomunicaciones -TX
IVR	Respuesta vocal interactiva

JPEG	Grupo de expertos fotográfico común / <i>Joint photographic experts group</i>
LAN	Red de área local
MAN	Red de área metropolitana
MC	Controlador multipuesto
MCU	Unidad de control multipuesto
MJPEG	JPEG en movimiento
MP	Procesador multipunto
MPEG	<i>Motion pictures experts group</i> / Grupo de expertos de cuadros en movimiento
MSDSL	Línea de abonado digital simétrica <i>multirate</i>
NEXT	<i>Near end crosstalk</i> / Interferencia pegada al final
NGN	Red de siguiente generación
PAM	Modulación por amplitud de pulso
PBX	Private Branco Exchange
PC	Computadora personal
PDU	Protocolo de unidad de dato
PES	Flujo elemental paquetizado
PHB	Comportamiento por salto
PMT	Tabla de mapa del programa
PPP	Protocolo punto a punto
PS	Programa de información específica
PSTN	Red de telefonía pública conmutada
PVC o CVP	Circuito virtual permanente
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura
QCIF	<i>Quarter common intermediate format</i> / Formato intermedio común cuarto
QoS	Calidad de servicio / <i>Quality of service</i>
RADSL	Línea de abonado digital de tasa adaptable

RAS	Registro, admisión y estado
RDSI	Red digital de servicios integrados
RFI	Interferencia radiofrecuencial
RG	Puerta de enlace residencial / <i>Gateway</i> residencial
RSTP	Protocolo de flujo en tiempo real
RSVP	<i>Resource reservation protocol</i> / Protocolo de reservación de servicios
RTCP	Protocolo de control de transporte en tiempo real
RTP	Protocolo en tiempo real de la transferencia
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SCN	<i>Switched circuit network</i> / Red de circuito conmutado
SDSL	Línea de abonado digital simétrica
SHDSL	Línea de abonado digital de índice altos de dato 2
SLA	Acuerdos de nivel de servicios
SS7	Sistema de señalización 7
STB	<i>Setup box</i> o caja de cambio
TAL	Autologin transparente
TCP	Protocolo de control de transporte
TDM	Multiplexion por división de tiempo
TVoIP	Televisión sobre IP
UBR	Bit no especificado
UDP	<i>User datagram protocol</i> / protocolo de datagrama de usuario
VBR-rt	<i>Bit rate variable</i> en tiempo real
VC	Circuitos virtuales
VDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad
VoIP	Voz sobre IP
VPN	Red privada virtual
WAN	Red de área amplia
XDSL	Línea de abonado digital

GLOSARIO

Acceso a la red	Medios técnicos que permiten que un usuario se conecte a una infraestructura de red de telecomunicaciones. Consta de un medio físico por donde viaja la información.
Analógico	Contrapuesto a digital.
Ancho de banda	Indica la cantidad de información que puede transmitir por unidad de tiempo. Se expresa en <i>hertz</i> o equivalente en <i>bits</i> por segundo.
Bidireccionalidad	Una red que transporta información en ambos sentidos.
Bit/Byte	Digito binario. Es la unidad mínima de información pudiendo sólo tomar dos valores, 0 y 1, un <i>byte</i> son 8 <i>bits</i> .
Bucle de abonado	Medio físico que conecta al usuario con la red. Actualmente es el par de hilos de cobre.
Centrales telefónicas	Sistemas que concentran los bucles de abonado.
Codificación	Conversión de un conjunto de símbolos en un código, los objetivos son variados: reducir la velocidad de transmisión,

seguridad, etc.

Conmutación Dirigir una información desde una entrada a una salida elegida entre múltiples.

Datagrama Es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información para que la red pueda encaminar el fragmento hacia el ordenador receptor. La estructura de un datagrama es: cabecera y datos. Los datagramas IP son las unidades principales de información de *Internet*.

Delay o retardo Efecto que consiste en la multiplicación y retraso modulado de una señal. Es el tiempo que tarda un paquete de red en llegar a destino.

Ethernet Conexión física a nivel de capa dos.

Gateway o puerta de enlace Es una puerta de enlace a un nodo en una red informática que sirve de punto de acceso a otra red.

H.323 Recomendación que define los componentes, procedimientos y protocolos necesarios para proporcionar comunicaciones de audio y *video* a través de una lan.

Interface Parte de un sistema que interactúa entre otras partes físicas o conceptualmente distintas.

Jitter Es una variación precipitada e indeseada de unas o más características de la señal, tales como el intervalo entre los

pulsos sucesivos, la amplitud de ciclos sucesivos, la frecuencia o la fase de ciclos sucesivos. Es un factor significativo en el diseño de casi todos los puentes de comunicaciones.

Modem	Equipo electrónico que adapta las señales digitales.
<i>Multicast</i>	Representa un servicio de red en el cual un único flujo de datos, proveniente de una determinada fuente, se puede enviar simultáneamente a diversos receptores interesados.
Multimedia	Referente a información de distinta procedencia física: voz, <i>video</i> y datos. Cada uno de estos tipos de información esta caracterizado por su ancho de banda.
Multiplexación	Acción en la cual un dispositivo puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido.
<i>NetMeeting</i>	Aplicación de <i>software</i> que permite marcar y establecer una llamada telefónica.
Pixelización	Efecto grano. Es cuando se perciben los cuadraditos que forman la imagen.
Protocolo	Conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.

Red de banda ancha	Red preparada para transmitir grandes cantidades de información rápidamente.
Software	Conjunto de instrucciones escritas en lenguajes de programación y traducidas posteriormente a dígitos binarios, para que sean entendidas por el <i>hardware</i> .
Retardo	Se refiere al tiempo de tránsito total, incluido el tiempo necesario para reconstituir el orden de los paquetes cuando se reciben, para compensar las fluctuaciones de los tiempos de tránsito.
Timestamping	Marca de tiempo.
Triple Play	Servicio donde se integran voz, datos y <i>video</i> en un sólo medio de transmisión.
Unidireccional	Red que sólo transmite en un sentido.
Velocidad de transmisión	Número de <i>bits</i> que se transmiten en un canal en un segundo. Esta directamente relacionada con el ancho de banda del canal.
Zapping o zapeo	Acto de saltar programación o canales en la televisión.

RESUMEN

La convergencia y la oferta de múltiples servicios tales como voz, datos y *video* constituyen el futuro de las telecomunicaciones, IP es la plataforma futura para la entrega de estos servicios. Los proveedores de estos servicios deben montar la infraestructura necesaria como un core IP, red de agregación y *Metro-Ethernet*, para crear las soluciones completas extremo a extremo.

Internet, la integración de la voz, el *video* y los datos están provocando en muchas compañías un cambio de modelo de negocios impredecibles para permanecer en el mercado, convirtiéndose en ITSP, ya que están comprando productos para integrar sus redes separadas de voz, datos y *video* en una sola infraestructura.

Como resultado de la liberación de las telecomunicaciones en muchos países y la rápida evolución de las tecnologías de este sector, la migración desde las redes conmutadas tradicionales a redes de transporte por paquetes, ha dado lugar a una serie de nuevas aplicaciones. Entre ellas se encuentra la telefonía por *Internet*, telefonía IP o voz sobre IP (VoIP), tecnología que permite transportar llamadas de voz a través de redes de datos basadas en IP, públicas o privadas.

La tecnología DSL, suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo un rápido acceso a *Internet* utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes redes de área local (LAN), videoconferencia y sistemas de redes privadas virtuales (VPN).

Para la transmisión e integración de voz en redes IP se incluye la recomendación H.323, la cual define los componentes, métodos, procedimientos y protocolos necesarios para proporcionar comunicaciones de audio y *video* a través de redes lan. La recomendación H.323 es la especificación pionera para implementar conferencia multimedia basada en conmutación de paquetes de datos en redes lan. A un cuando se hizo mucho trabajo experimental desde los primeros días del procesamiento de llamadas basadas en IP, usando diferentes alternativas de protocolos, el estándar H.323 fue el mejor adoptado por las organizaciones. Posteriormente, H.323 sirvió como base para las pruebas de viabilidad de telefonía IP en ambientes de transporte de redes de paquetes de datos.

Los estándares de H.323 proporcionan las descripciones del sistema y de sus componentes, del modelo de llamada y los procedimientos de señalización de llamada. La recomendación H.323 especifica cuatro clases de componentes, los cuales cuando son interconectados proporcionan servicios de comunicación multimedia punto a punto y multipunto.

XDSL está formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrica como asimétrica y de alta velocidad.

Las tecnologías XDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a las de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que

éstos reúnan los requisitos necesarios en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Para proporcionar el servicio de TVoIP es esencial mantener una buena calidad de *video*, un aceptable tiempo de *zapping* y *delay* en la infraestructura de la red, tanto en el equipo del cliente (CPE) y en el *setup box* (STB). Los diferentes componentes de la red deben estar en óptimas condiciones para contribuir a mantener el *delay* adecuado en el cambio de canal y la configuración de sesión de *multicast*.

El *delay* puede afectar el rendimiento de la red en varias maneras, como configuración del tiempo de la sesión de *multicast*, tiempo de *zapping* o salto de canales en televisión, calidad de *video* y audio.

La calidad del *video* y audio puede ser degradada si son constantes los *delays* en la red y dan como resultado imágenes distorsionadas y/o cuadriculadas así como también distorsión del audio. La calidad de servicio (QoS) en la red necesitará ser tramado para permitir que el *video* tome la prioridad sobre otra clase de tráfico cuando exista congestión en la red

Los sistemas en la actualidad permiten que un usuario acceda a una gran cantidad de información de distinta naturaleza, *vídeo*, audio y datos. Para que el sistema sea eficiente y no se llegue a una saturación del espectro, se emplean métodos de compresión y codificación de la información. A su vez estos métodos permiten detectar y corregir errores en la transmisión. El método más utilizado en los sistemas es el MPEG-2, pues es el método de compresión de audio y *vídeo* por excelencia.

OBJETIVOS

General

Realizar el estudio correspondiente para optimizar e implementar servicios *triple play*, datos, voz y *video* utilizando la infraestructura y plataforma IP existente.

Específicos

1. Utilizar la infraestructura de la red de cobre ya existente, aprovechando que por el mismo par de cobre se proporcionen varios servicios, obteniendo un mejor rendimiento.
2. Implementar nuevos servicios y aplicaciones para que el usuario pueda tener acceso a más herramientas.
3. Conocer la transmisión de voz sobre IP, con las recomendaciones H323, qué estándares se utilizan, los dispositivos, la arquitectura de protocolos, la señalización y los procedimientos de conexión.
4. Satisfacer las crecientes necesidades de demanda de los usuarios de tener mayores velocidades de transmisión y ancho de banda en la transmisión de datos.
5. Realizar un estudio de la arquitectura para la transmisión de datos, del par de cobre como medio de transmisión y de las diferentes tecnologías XDSL.

6. Conocer los diferentes componentes de la red de televisión sobre IP para implementar y optimizar el servicio, cumpliendo con los requisitos para proporcionar un buen servicio de *video*.

7. Realizar el diseño y la configuración de una red *triple play*, para implementarla posteriormente.

INTRODUCCIÓN

En Telecomunicaciones, el concepto *triple play*, se define como el empaquetamiento y comercialización de servicios y contenidos audiovisuales (voz, datos y *video*). El servicio *triple play* es el futuro cercano para el desarrollo integral de comunicación en los hogares. El desarrollo actual de los ISP conlleva una solución única para varios problemas. El servicio telefónico, televisión interactiva y acceso a *Internet*, todo en un mismo servicio. Todos los servicios sobre el mismo medio físico basados en tecnologías XDSL. En el capítulo uno se dan a conocer las diferentes aplicaciones que los usuarios pueden tener al integrar los servicios *triple play*. Este concepto proporciona un salto tecnológico que permite compartir eficazmente y sin perturbación los datos de *Internet*, la voz y el vídeo en la red existente. La conexión se basa en datagramas IP para todos los servicios

La evolución de la tecnología en las telecomunicaciones y la migración de las redes conmutadas tradicionales a redes de transporte por paquetes, ha dado lugar a una serie de nuevas aplicaciones que se describen en el capítulo uno. En el capítulo dos se da a conocer la integración de los servicios de voz en redes IP, a través de la recomendación H323 y todo lo que conlleva como estándares, dispositivos, protocolos, señalización, etc.

En el capítulo tres se describe la transmisión de datos de alta velocidad en tecnología XDSL, cuál es su arquitectura, el estudio del par de cobre como medio de transmisión y las diferentes tecnologías XDSL. La tecnología XDSL suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a *Internet* utilizando las líneas telefónicas; así como el acceso remoto a las diferentes redes de área local, videoconferencia y sistemas de redes privadas virtuales.

XDSL está formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda, las cuales son un acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrica como asimétrica y de alta velocidad sobre el bucle de abonado, éstas convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, siempre que éstas reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Los sistemas de *video* de IP se están volviendo un ofrecimiento habitual en los servicios *triple play* de los proveedores de servicio es decir voz, *video* y datos, convirtiéndose en la llave del mercado para clientes residenciales y de negocios. En el capítulo cuatro examinaremos los diferentes componentes de la red y cómo contribuyen para mantener el *delay* adecuado en el cambio de canal y la configuración de sesiones *multicast*.

En el capítulo cinco se estudian los componentes, la arquitectura, los protocolos y todos los factores necesarios para poder diseñar una red *triple play*, así como también su respectiva configuración.

1. APLICACIONES DE USUARIOS QUE INTEGRAN SERVICIOS ‘TRIPLE PLAY’, VOZ, DATOS Y VIDEO

1.1 Convergencia de voz, datos y video

En la era digital, los nuevos modelos de negocios están empujando el desarrollo de nuevos servicios de telecomunicaciones, el concepto ‘*triple play*’, no es mas que la convergencia de los servicios de comunicación de voz, datos, *video* y multimedia, concepto que implica nuevas tecnologías como telefonía por *Internet*, *web call center*, mensajería unificada, *video* conferencia al escritorio, las cuales surgen para atender este requerimiento.

Internet, la integración de la voz, el *video* y los datos están provocando en muchas compañías un cambio de modelo de negocios impredecibles para permanecer en el mercado. En este caso por ejemplo los ISP tendrán que adaptarse a las nuevas demandas de servicios IP convirtiéndose en proveedores de servicios de telefonía e *Internet* (ITSP). Asimismo muchas corporaciones han estado comprando recientemente productos para integrar sus redes separadas de voz, datos y *video* en una sola infraestructura.

1.1.1 Demanda de nuevos servicios de telecomunicaciones

Cada vez más en el ambiente de la información se están requiriendo nuevos servicios de telecomunicaciones, principalmente con mayor capacidad de ancho de banda, como son conexiones de alta velocidad de lan a lan, videoconferencia múltiple, telemedicina, correo electrónico de *video*, etc. En el ambiente educativo han surgido también aplicaciones de banda ancha muy importante como la tele-educación, *video* librerías en forma remota, etc. Por su

parte, los usuarios residenciales están requiriendo servicios tales como televisión de alta definición, servicios de *video* sobre demanda, etc.

1.2 Transporte de voz/fax a través de redes IP

Se puede imaginar establecer una llamada telefónica a cualquier lugar del mundo al costo de una llamada telefónica local, esto es posible utilizando la infraestructura, los servicios y la tecnología de *Internet*, esto es lo que se llama telefonía por *Internet* o telefónica IP.

La posibilidad de que la voz viajara a través de la *Internet* se remonta al año de 1995, cuando la compañía Vocaltec, Inc. Introdujo al mercado su producto por medio de un *software* llamado '*Internet Phone*', que permite a un par de usuarios con sus respectivas PC, comunicarse entre sí verbalmente. La solución se baso en la digitalización del audio en paquetes que pueden ser enviados a través de *Internet* con la misma estructura de la que se disponía hasta el momento; con esto permitieron a los usuarios de *Internet* poder mantener conversaciones en tiempo real vía *Internet*, esto es nombrado llamada PC a PC, lo que supone unos costos de comunicación mucho menores que los que supone el circuito de telefónica normal.

Telefonía en *Internet* se refiere a los servicios de comunicaciones tales como la voz, fax y/o aplicaciones de mensajería de voz, que son transportadas vía *Internet*, en lugar de ser transportados por la red de telefonía pública (RTPC).

La telefonía IP ha venido para quedarse. Los analistas del mercado prevén una significativa curva ascendente del número de llamadas telefónicas que se van a realizar a través de redes con protocolo IP, gracias a la ventaja que supone poder ofrecer servicios de telefonía de bajo costo de teléfono a teléfono, de fax a fax y de PC a teléfono.

Este proceso se verá acelerado por los numerosos avances que se están produciendo en la tecnología VoIP, que permite obtener mejores rendimientos. Bajo ciertas condiciones, la voz puede ser transmitida sobre redes de datos con la misma calidad que las llamadas realizadas sobre la red de telefonía convencional (RTPC), como resultado de la nueva tecnología de compresión de voz y el mayor ancho de banda disponible. La telefonía IP, al contrario que la PSTN, soporta diferentes niveles de calidad de servicio (QoS), permitiéndole a los ITSP dirigirse a distintos segmentos del mercado, dependiendo del precio que los clientes estén dispuestos a pagar por cada nivel de QoS. Para permitir crear servicios de telefonía basados en IP se ha de contar con una estructura según la cual la llamada telefónica iniciada por un teléfono convencional viaje sobre la red telefónica conmutada tradicional hasta el *gateway* de telefonía IP.

Las funciones básicas involucradas en generar una llamada telefónica por *Internet* net son la digitalización/compresión de la señal analógica de voz y su empaquetado en datagrama IP. A la tecnología que soporta este proceso se le conoce como Voz sobre IP (VoIP).

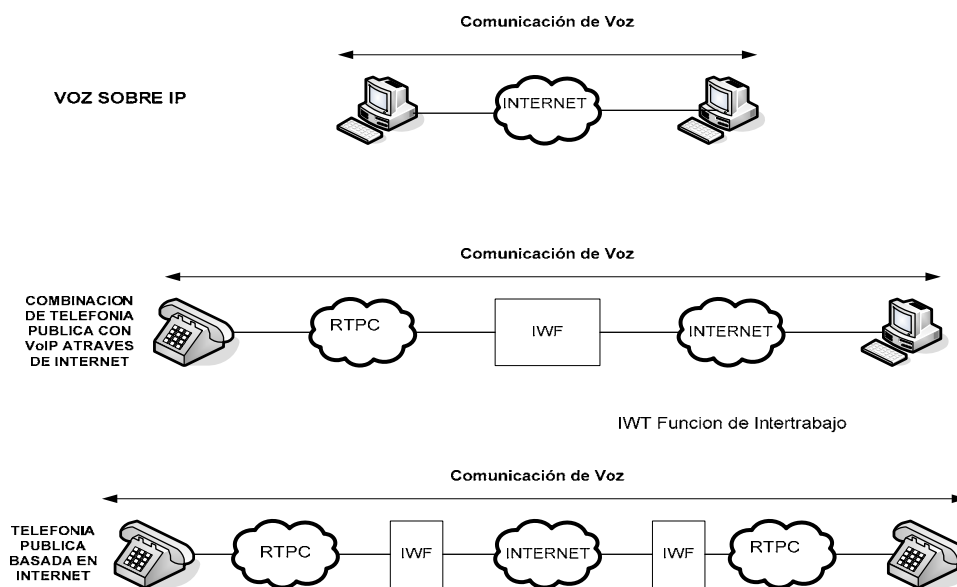
1.2.1 Tipos de VoIP

Las aplicaciones de VoIP se pueden definir en tres tipos básicos:

- **Voz sobre IP a través de *Internet*.** Se supone el uso de computadoras conectadas a *Internet*, con las interfaces adecuadas, es decir *software* y *hardware*, que permitan a través de *Internet*, la comunicación de voz entre usuarios de las mismas. Este tipo de aplicación es 100% *Internet* y 0% RTPC.
- **Combinación de telefonía pública con voz sobre IP a través de *Internet*.** El objetivo de este tipo es interoperar entre teléfonos convencionales y nodos de la red *Internet*, adaptados para el efecto.

- **Telefonía pública basada en Internet:** El objetivo es utilizar *Internet* para proporcionar servicios de telefonía pública entre aparatos telefónicos convencionales de usuario final. Este tipo requiere tecnología para la interconexión entre la RTPC e *Internet*. Estos tres tipos básicos de VoIP se pueden observar en la figura 1.

Figura 1. Tipos de voz sobre IP



La ventaja del servicio de llamadas telefónicas entre teléfonos consiste en que los usuarios en ambos extremos utilizan teléfonos tradicionales. Aunque esto representa una ventaja para los usuarios finales, para los ITSP supone una mayor inversión en infraestructura.

La llamada telefónica se inicia en un teléfono convencional. El sistema puede realizar llamadas según distintos escenarios. Uno sería aquel en el que la llamada se dirige automáticamente a un *gateway* de VoIP, siendo

completamente transparente para el destinatario final si ha sido cursada o no a través de la red IP. Un segundo escenario sería cuando el usuario de origen llama a un número de teléfono determinado, donde un sistema IVR pregunta por el número telefónico con el que quiere comunicarse. El sistema usa el número del teléfono llamante para cargar el costo del servicio. El tercer caso sería, cuando el usuario de origen llama a un número de teléfono determinado, donde un sistema IVR le pregunta por su clave o tarjeta de crédito; una vez validada correctamente, se le pregunta por el número de destino a llamar.

Para aplicaciones de VoIP han surgido los ITSP que ofrecen el poder realizar llamadas desde una PC a un teléfono convencional de la RTPC. En este caso, los usuarios de las PC deben tener cargada una aplicación de *software* que permita marcar y establecer una llamada telefónica (*NetMeeting*). Incluso los ITSP podrían suministrar a sus clientes alguna aplicación de llamadas telefónicas totalmente personalizadas.

VoIP es una tecnología que proporciona la posibilidad de transmitir la voz a todo el mundo vía *Internet*, a un costo muy reducido. Ello se consigue digitalizando y fragmentando las llamadas de voz en paquetes digitales, que son comprimidos y se transmiten independientemente por *Internet* hasta su destino, donde de nuevo se reúnen para reconstruir la llamada. Inicialmente sólo era posible la conexión de PC a PC, mediante una tecnología compleja, de baja velocidad y calidad pobre. Actualmente, los progresos tecnológicos permiten ya la conexión de PC a teléfono e incluso de teléfono a teléfono, haciendo posible una amplia gama de aplicaciones.

1.2.2 Aplicaciones de VoIP

Las aplicaciones de la tecnología VoIP van más allá de la simple sustitución de las comunicaciones teléfono a teléfono que incluye voz y fax. La gama de

aplicaciones posibles incluye la mensajería en la *web*, sobre todo a través de las *intranets* empresariales, las cuales incluyen voz, texto, *video*, trabajo en grupo, etc., llamadas en espera en *Internet* y los centros de atención de llamadas en la *web* o *web call centers*.

Algunos de los servicios son una copia exacta de los existentes en la RTPC convencional, pero al utilizar IP se pueden abaratar considerablemente los costos los cuales se trasladan en beneficio de ahorro al usuario final.

1.2.2.1 Centros de atención de llamadas a *Internet*.

Una aplicación de la tecnología VoIP que es interesante para los negocios es la denominada *web call center* o *Internet call center*, la cual integra la tecnología y a las aplicaciones con la potencialidad de la *Internet*, con el objetivo de incrementar el nivel de servicio que una compañía ofrece a sus clientes. Estas aplicaciones permiten a los negocios ofrecer a sus clientes capacidades de acceso a sitios *web* y al mismo tiempo crear enlaces directos desde páginas *web* dentro del sitio a un centro de atención de llamadas.

1.2.2.2 Aplicaciones de fax y mensajería unificada

Al igual que la voz, cabe la posibilidad de realizar transmisiones de fax sobre redes de telefónica IP, consiguiendo reducir significativamente los costos de una empresa en transmisión de fax, los usuarios finales pueden recibir sus fax en sus aparatos convencionales. Se puede hacer un envío masivo y listar una gran cantidad de receptores, teniendo un costo reducido. La mensajería unificada es la integración de varios medios de comunicación distintos, de tal manera que los usuarios sean capaces de recuperar y enviar mensajes de voz, fax y correo electrónico desde una simple interfase, ya sea de un teléfono alámbrico, inalámbrico o una PC conectada a *Internet*.

2. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ EN REDES IP

2.1 Introducción a la integración y transmisión de voz en redes IP

Como resultado de la liberación de las telecomunicaciones en muchos países y de la rápida evolución de las tecnologías de este sector, la migración desde las redes conmutadas tradicionales a redes de transporte por paquetes ha dado lugar a una serie de nuevas aplicaciones. Entre ellas se encuentra la telefonía por Internet, telefonía IP o voz sobre IP (VoIP), tecnología que permite transportar llamadas de voz a través de redes de datos basadas en IP, públicas o privadas.

2.1.1 Transmisión de voz sobre IP

La forma más sencilla de aplicación de la tecnología VoIP se da entre usuarios convencionales de Internet, los cuales simplemente cargan a sus PC's algún *software* de VoIP como por ejemplo Net Meeting de Microsoft, *Internet phone* de vocalTec, etc. además de bocinas y micrófono y con esto se dan las posibilidades de establecer una comunicación de voz entre un par de ellos. Para lograr esto, el nodo destino deberá estar en línea para recibir la llamada y el llamador simplemente necesitara introducir la dirección IP de nodo destino. El *software* de VoIP digitaliza la voz, la comprime y la empaqueta en datagramas IP para su transmisión por *Internet*.

La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o IP por *Ethernet*, *Frame Relay*,

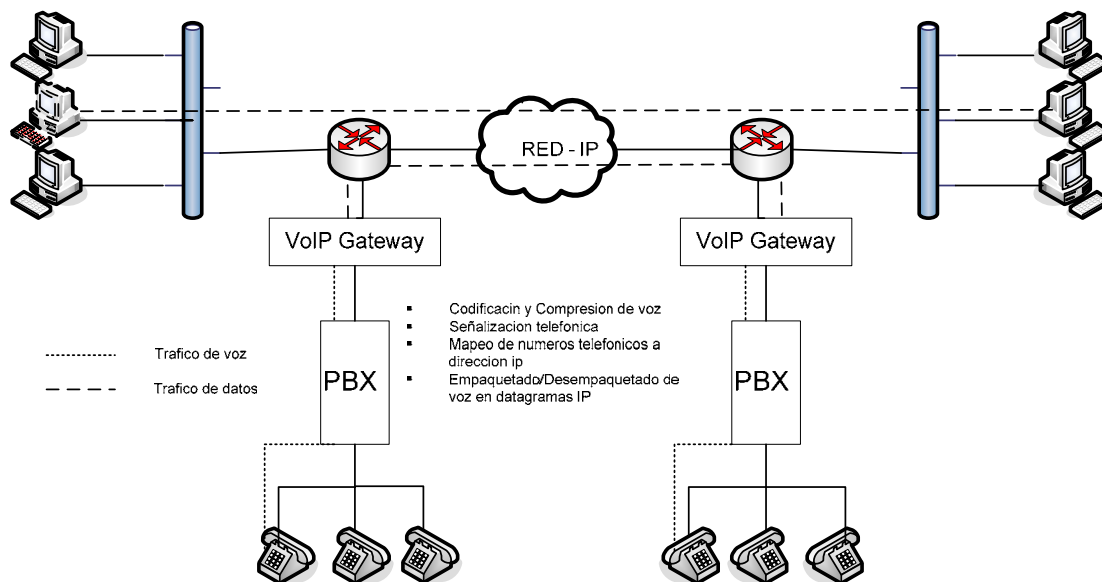
ATM o SONET. El concepto original es relativamente simple: se trata de transformar la voz en paquetes de información manejables por una red IP.

Se pueden identificar dos tipos de tecnologías de VoIP. Primero esta el modelo de transportes en donde la voz, fax y el *video* son simplemente transportados de extremo a extremo a través de una red IP y el segundo el modelo de telefonía IP en el cual se busca emular servicios telefónicos tradicionales utilizando tecnología de redes IP.

2.1.2 Integración de la telefonía tradicional con redes de datos

Los principales aspectos que se tienen que considerar en la integración de la RTP con la *Internet* son principalmente: los procedimientos de control de llamadas, señalización de llamadas, numeración, direccionamiento e.164-IP, servicios, etc. El *gateway* de VoIP se muestra en la figura 2.

Figura 2. Gateway de voz sobre IP



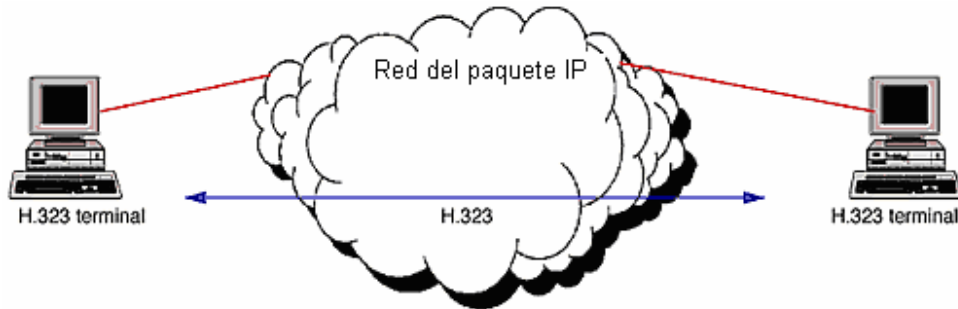
Para lograr la integración de sistemas de voz como por ejemplo PBX, multilíneas, aparatos telefónicos individuales, equipos de facsímile, etc., a una red IP, surgieron en la industria dispositivos denominados 'VoIP gateway' o 'IT gateway' los cuales actúan como una interfaz entre los dos ambientes. Las funciones principales del 'VoIP Gateway' son: la codificación y compresión de las señales de voz; manejo de la señalización telefónica; mapeo de números telefónicos a direcciones IP y viceversa y el empaquetado/desempaquetado de la voz digitalizada en datagramas IP.

2.2 Recomendaciones H.323

La recomendación H.323 de ITU-T '*Visual Telephone Systems and Equipment for Local Area Networks Which Provide a Non-Guaranteed Quality of Service*', es una recomendación que define los componentes, procedimientos y protocolos necesarios para proporcionar comunicaciones de audio y video a través de redes LAN. Esta recomendación fue liberada en Octubre de 1996, se le conoce como H.323 v1, esta no proporciona calidad de servicio, estaba orientada a comunicaciones multimedia en ambiente lan. Esta se muestra en la figura 3. H.323 v2 fue aprobada en Enero de 1998 y es una ampliación de la versión original, donde se incluye en los alcances el soporte de comunicaciones multimedia y multipunto a través de redes de paquetes de datos tales como redes IP, IPX, MAN y WAN y lans.

La recomendación H.323 es la especificación pionera para implementar conferencia multimedia basada en conmutación de paquetes de datos en redes lan. Aún cuando se hizo mucho trabajo experimental desde los primeros días del procesamiento de llamadas basadas en IP, usando diferentes alternativas de protocolos, el estándar H.323 fue el mejor adoptado por las organizaciones. Posteriormente, H.323 sirvió como base para las pruebas de viabilidad de telefonía IP en ambientes de transporte de paquetes de datos.

Figura 3. Recomendación ITU-T H323



H.323 es un estándar base que sirve de referencia a muchos otros documentos ITU-T. Los estándares de H.323 proporcionan las descripciones del sistema y de sus componentes, del modelo de llamada, de los procedimientos de señalización de llamada. Esto lo podemos observar en la tabla I. Para transporte y control de tráfico en tiempo real, son utilizados los protocolos RTP y RTCP. En codificación de audio G.711 es obligatorio mientras que G.722, G.728, G.723 y G.729 son opcionales. En video H.261 modo QCIF es obligatorio mientras que H.261 modo CIF y todos los modos H.263 son opcionales.

Tabla I. Recomendaciones de H.323

H.323 V1	Marco de trabajo para videoconferencias en LAN
H.323 V2	Adición de telefonía por IP, Fax y ATM
H.323 V3	Adición de: Fax en tiempo real, 'gateway a gatekeeper'
H.225.0v2	Señalización de llamada
H.235	Seguridad
H.245v3	Señalización de Control
H.246	Intertrabajo
H.332	'Multicast'
H.450.x	Servicios Suplementarios
G.711, G.723.1, G.729	Audio
H.261, H.263	Video
T.120	Datos

2.2.1 Estándares de H.323

El estándar H.323 es parte de la familia de H.32x de las recomendaciones especificada por ITU.T Otras recomendaciones de la misma familia que especifican redes de servicios de comunicación multimedia diversas son:

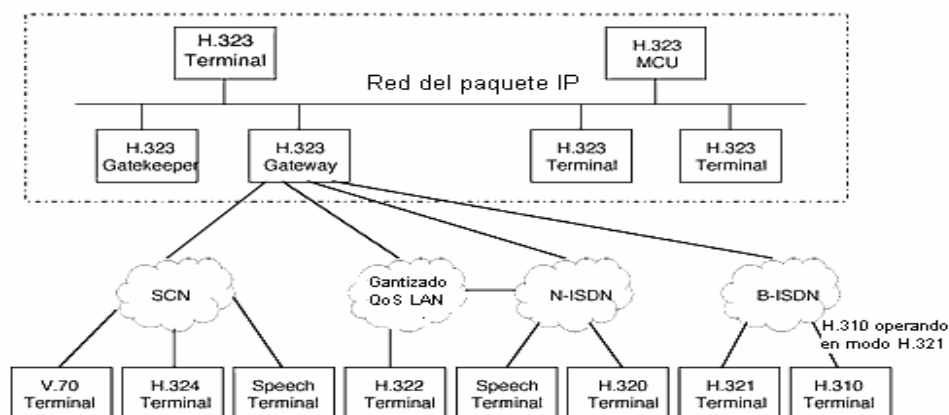
- H.324 SCN excesivo
- Redes digitales de servicios integrados extendidos H.320 (ISDN)
- Redes digitales de banda ancha de servicios integrados extendidos H.321 y H.310 (B.ISDN)
- H.322 Lans extendidas que proporcionan garantía QoS

Uno de los objetivos fundamentales del desarrollo del estándar H.323 es la interoperabilidad con otras redes de servicio multimedia, a través del uso de una entrada. Esta entrada realiza la traducción de las señales requeridas para la interoperabilidad.

2.2.2 Dispositivos definidos por H.323

La recomendación H.323 especifica cuatro clases de componentes, los cuales cuando son interconectados proporcionan servicios de comunicación multimedia punto a punto y multipunto como se observa en la figura 4. Estos componentes son: terminales, entradas o *gateways*, porteros o *gatekeepers* y unidad de control multipunto (MCU`s)

Figura 4. Modelo H.323



2.2.2.1 Terminales

Una terminal es un dispositivo que incluye un punto final de señalización, el cual soporta uno o más usuarios quienes participan en comunicaciones en tiempo real con uno o más participantes. Una terminal H.323 puede ser cualquier PC o dispositivo corriendo H.323 y aplicaciones multimedia.

Una meta de diseño en el desarrollo de la recomendación H.323 fue la interoperabilidad con otros tipo de terminales multimedia, incluyendo terminales H.320 en N-ISDN, terminales H.321 en redes ATM, terminales H.322 en redes ISO *Ethernet*, terminales H.324 en redes RTPC. En ambientes homogéneos los participantes también son usuarios de terminales H.323, pero en el caso general, uno o más de los participantes en una llamada podrían ser dispositivos no H.323, por ejemplo teléfonos tradicionales o equipos ISDN.

2.2.2.1.1 Ejemplo de los estándares H.323 para una terminal

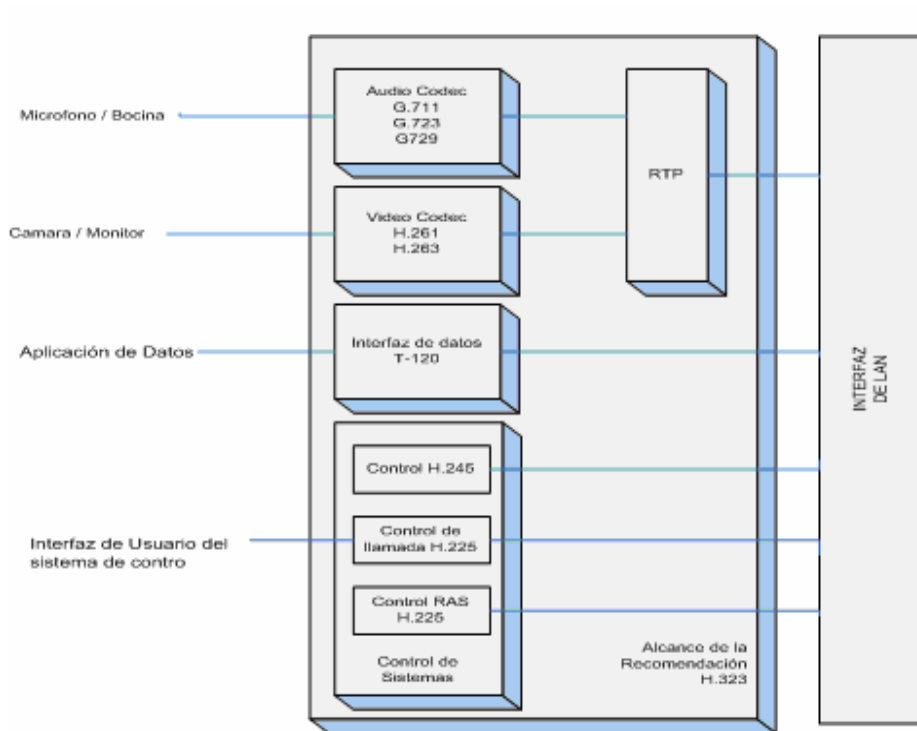
Las terminales son los puntos finales del cliente en la LAN, que proporcionan comunicaciones bidireccionales en tiempo real. Todas las terminales deberán soportar comunicaciones de voz, son opcionales *video* y datos. Todas las terminales H.323 deberán también soportar H.245, el cual es usado para negociar el uso del canal y sus capacidades. Una Terminal H323 se muestra en la figura 5.

2.2.2.2 Gateways o entradas

Un *gateway* proporciona conectividad entre una red H.323 y una red no-H.323, es decir disímiles. Un *gateway* ejecuta cualquier traducción de red o de señalización para interoperar. Esta conectividad de redes disímiles es alcanzada traduciendo los protocolos para la disposición y el lanzamiento de llamada, convirtiendo formatos de los medios entre diversas redes y transfiriendo la información entre las redes conectadas por la entrada, sean

H.323 o no H.323. Una entrada no se requiere para la comunicación entre dos terminales en una red H.323.

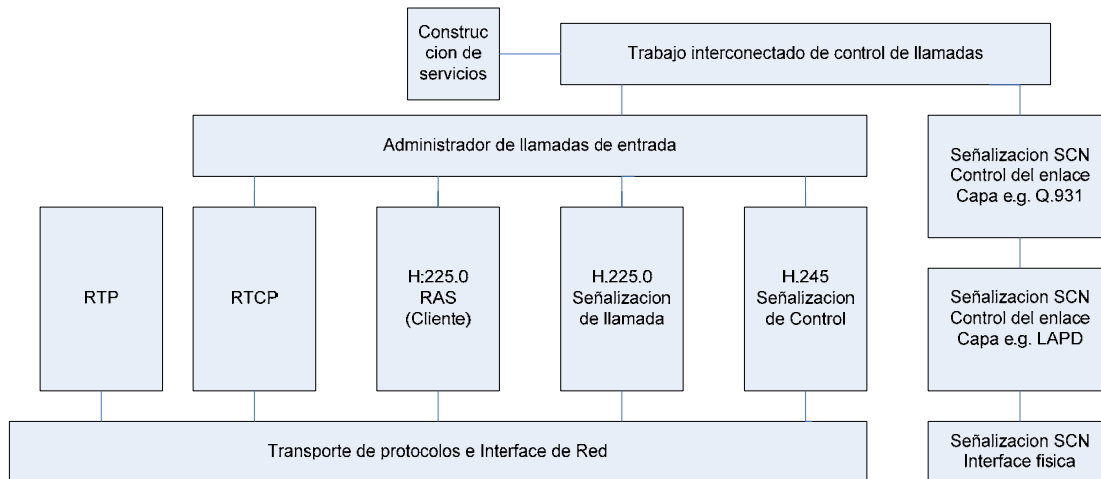
Figura 5. Terminales H.323



2.2.2.2.1 Características de la entrada

Una aplicación de la entrada H.323 en telefonía IP se da en la conexión de la entrada de una red H.323 a una red SCN. En la figura 6 se muestran los protocolos activos de la entrada. En el lado H.323 una entrada corre la señalización de control H.245 para intercambiar las capacidades de la señalización de llamada, H.225 para la disposición, el lanzamiento de llamada y H.225 para que el registro, la admisión y el estado (RAS) puedan ser registradas por el portero. En el lado de SCN, una entrada corre protocolos específicos SCN (por ejemplo los protocolos ISDN y SS7).

Figura 6. Protocolos activos de la entrada



Fuente: www.iec.org

Los terminales se comunican con las entradas usando el protocolo de señalización de control H.245 y el protocolo de señalización de llamada H.225. La entrada traduce estos protocolos de una manera transparente a las contrapartes respectivas en la red no H.323 y viceversa. La entrada también realiza la disposición y la transparencia de llamada en el lado de la red H.323 y el lado de la red no H.323. La traducción entre los formatos audio, *video* y de datos se puede también realizar por la entrada. La traducción audio y *video* no puede ser requerida si ambos tipos de terminales encuentran un modo común de las comunicaciones. Por ejemplo, en el caso de una entrada H.320 a los terminales en el ISDN, ambos tipos de terminales requieren el audio G.711 y el vídeo H.261, así que un modo común existe siempre. La entrada tiene las características de la terminal H.323 en la red H.323 y de la otra terminal en la red no H.323 que conecta.

Los porteros están enterados de qué puntos finales son entradas, debido a que esto se indica cuando las terminales y las entradas se registran con el portero.

Una entrada puede poder apoyar varias llamadas simultáneas entre las redes H.323 y las no H.323. Una entrada es un componente lógico de H.323 y se puede poner en ejecución como parte de un portero o de un MCU.

2.2.2.3 Gatekeepers o porteros

Un *gatekeeper* puede ser considerado el cerebro de la red H.323. Es punto focal para todas las llamadas dentro de la red H.323. A un cuando puede no ser requerido, los *gatekeepers* proporcionan importantes servicios tales como direccionamiento, autorización y autenticación de terminales y *gateways*, administración de ancho de banda, facturación y contabilidad.

Un *gatekeeper* administra una zona H.323, la cual incluye todas las terminales, *gateways* y unidades de control multipuerto (MCU), esto debido a que solo existe un *gatekeeper* por zona H.323.

Una zona H.323 es un agrupamiento de dispositivos y puede contener elementos que pueden ser parte de una topología descentralizada conectada por *switches* y *routers*, manejados por un solo portero. Una zona incluye por lo menos una terminal y puede incluir varias entradas y/o MCU's. En otras palabras, una zona H.323 puede expandirse en un área geográfica amplia. Un *gatekeeper* puede señalar a otros *gatekeepers* en otras zonas para permitir el acceso a usuarios en otros dominios de una manera transparentes para el usuario que esta llamando. El ejemplo de una zona H.323 la podemos ver en la figura 7.

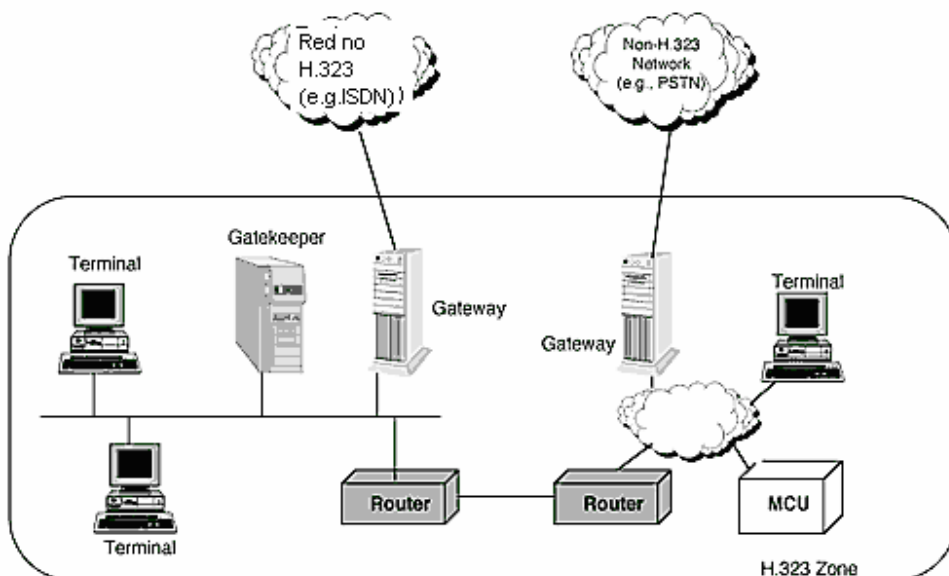
2.2.2.3.1 Características del portero

Los porteros ofrecen los servicios de control de llamadas para los puntos finales H.323 e incluyen la conversión de dirección, la administración del ancho de

banda y la zona, el control de las admisiones, estos servicios se definen dentro del RAS. Los porteros en las redes H.323 son opcionales. Si están presentes en una red, los terminales y las entradas deben utilizar sus servicios. Los estándares H.323 definen los servicios obligatorios que el portero debe proporcionar y la funcionalidad de los servicios opcionales.

Una característica opcional de un portero es la señalización de llamada del enrutamiento. Los puntos finales envían mensajes de señalización de llamada al portero, el portero enruta hacia los puntos finales del destino. Alternativamente, los puntos finales pueden enviar mensajes de señalización de llamada directamente a los puntos finales iguales. El valor de esta característica del portero es la supervisión de las llamadas, que proporciona un mejor control de las llamadas en la red. Enrutar las llamadas a través de porteros proporciona un mejor funcionamiento en la red, como el portero puede tomar las decisiones de enrutamiento basadas en una variedad de factores, por ejemplo, el balanceo de carga entre las entradas.

Figura 7. Componentes y zona H.323

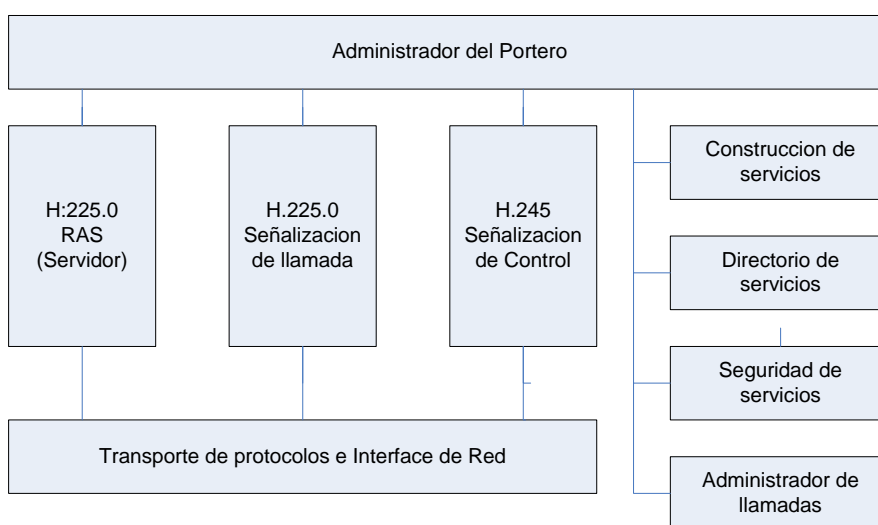


En la figura 8 se muestran los componentes del portero. Las redes H.323 que no tienen porteros pueden no tener estas capacidades, pero las redes H.323 que contengan las entradas de telefonía IP deben también contener a un portero para traducir direcciones entrantes del teléfono E.164 a direcciones de transporte. Un portero es un componente lógico de H.323 pero puede ser puesto en ejecución como parte de una entrada o de un MCU.

2.2.2.3.2 Funciones obligatorias del portero

Conversión de dirección: las llamadas que se originan dentro de una red H.323 pueden utilizar un alias para tratar el terminal de destino. Las llamadas que se originan fuera de la red H.323 y son recibidas por una entrada pueden utilizar un número de teléfono E.164 (por ejemplo, 310-442-9222) para tratar el terminal destino. El portero traduce este número de teléfono E.164 o el alias a la dirección de red (ejemplo, 204.252.32.156 para una red IP) para el terminal destino. El punto final destino se puede alcanzar usando la dirección de red en la red H.323.

Figura 8. Componentes del portero



Fuente www.iec.org

Control de admisión: el portero puede controlar la admisión de los puntos finales en la red H.323. Utiliza los mensajes de RAS, petición de la admisión (*ARQ*), confirmación (*ACF*) y rechazo (*ARJ*) para alcanzar esto. El control de admisión puede ser una función nula que admite todos los puntos finales a la red H.323.

Control del ancho de banda: el portero proporciona la ayuda para el control del ancho de banda, usando los mensajes de RAS, petición del ancho de banda (*BRQ*), confirmación (*BCF*) y rechazo (*BRJ*). Por ejemplo, si un encargado de red ha especificado un umbral para el número de conexiones simultáneas en la red H.323, el portero puede rechazar hacer más conexiones una vez que se alcance el umbral. El resultado es limitar el ancho de banda asignada total a alguna fracción del total disponible saliendo del ancho de banda restante para los usos de los datos. El control del ancho de banda puede también ser una función nula que acepta todos los pedidos cambios de ancho de banda.

Administración de la zona: el portero proporciona la traducción de las funciones de dirección, el control de las admisiones y el control del ancho de banda para los terminales, las entradas y los MCUs, todo esto situado dentro de su zona de control.

2.2.2.3.3 Funciones opcionales del portero

Señalización de llamada de control: el portero puede enrutar los mensajes de señalización de llamadas entre los puntos finales H.323. En un punto para señalar conferencia, el portero puede procesar los mensajes de llamada que señalan H.225. Alternativamente, el portero puede permitir que los puntos finales envíen los mensajes de señalización de llamada H.225 directamente del uno al otro.

Autorización de la llamada: cuando un punto final envía mensajes de señalización de llamada al portero, el portero puede aceptar o rechazar la

llamada, según la especificación H.225. Las razones del rechazo pueden incluir restricciones basadas en accesos o tiempos hacia y desde los terminales o las entradas particulares.

Administración de llamada: el portero puede mantener la información sobre todas las llamadas activas H.323 de modo que pueda controlar su zona proporcionando la información mantenida a la función de la administración del ancho de banda o reenrutamiento de las llamadas a diversos puntos finales para alcanzar balancear la carga

2.2.2.4 Unidades de control multipuerto (MCU`s)

Los MCU proveen soporte para conferencias entre tres o más terminales H.323. Las MCU son a menudo parte de un *gatekeeper* o de una computadora mayor que actúa como un servidor de terminales para uno o más usuarios. Las ITU-T define la MCU como un puente y su uso es similar a un puente convencional utilizado en teleconferencias. Es un punto final en la red que permite a los participantes de una llamada estar en una videoconferencia.

MCU contiene como mínimo un procesador de audio para proporcionar mezclado y conmutación de los flujos de audio. Un MCU está compuesto de un controlador multipuerto (MC) y de un procesador multipunto (MP). El MC maneja la señalización para el control de la llamada y el MP proporciona el mezclado, conmutación y la posible traducción de formatos de tráfico para acomodar a todas las partes en la teleconferencia.

2.2.3 Arquitectura de protocolos

En los últimos años ha habido una gran actividad en el desarrollo de protocolos para el transporte de información en tiempo real, se han llamado de tiempo real debido a que el objetivo es alcanzar entregar la información oportunamente. El retardo de tránsito total y la variación de retardo deberán ser manejados dentro

de los límites requeridos para los diferentes tipos de servicios (voz, fax o *video*).

Los protocolos especificados por H.323 son:

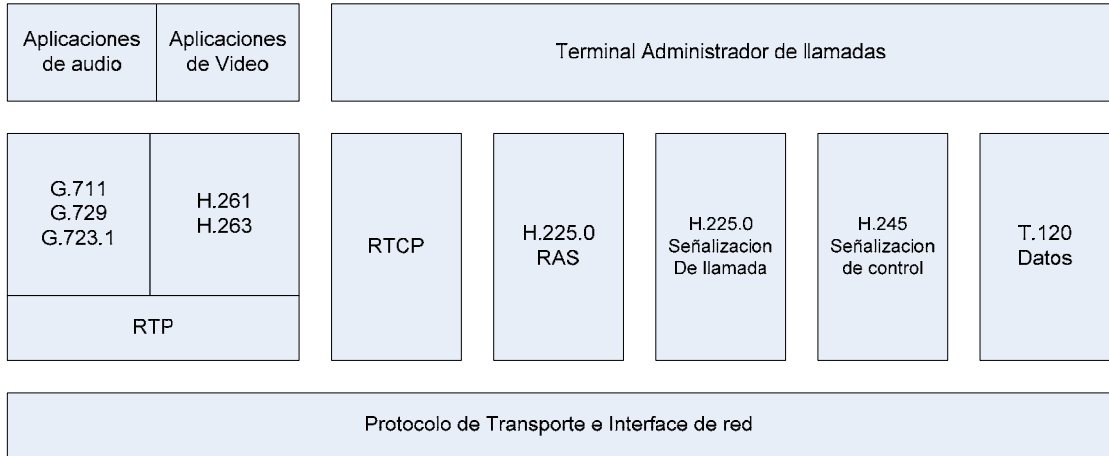
- Codecs de audio
- Codecs de *Video*
- Registro, admisión y estado (RAS) H.225
- Señalización de llamada H.225
- Señalización de control H.245
- Protocolo en tiempo real de la transferencia (RTP)
- Protocolo en tiempo real del control (RTCP)

H.323 define procedimientos para registro de usuarios o terminales con un *gatekeeper*, control de llamada y negociación de capacidades del canal lógico entre dos o más participantes que deseen entrar en una multiconferencia.

El registro, admisión y estado (RAS) y el control de llamada son definidos en la recomendación H.225.0, la negociación de las capacidades de canal lógico o control del medio son definidas en las recomendaciones H.245.

El alcance del estándar H.323 para audio, *video* y aplicaciones de fax se muestra en la figura 9, de H.225.0 para señalización de la llamada, RAS y H.245 para control del medio, es decir para intercambiar capacidades y la creación del canal entre las terminales, el estándar H.323 también especifica RTP como el protocolo de transporte de los diferentes tipos de tráfico. RTCP es el protocolo de control que acompaña a RTP. En la figura 9 se observa la pila de protocolos de H.323, separa H.225.0 para correr sobre UDP para el caso de RAS y sobre TCP. La filosofía de H.323 es lograr robustecerse del control de la llamada en ambientes que no son robustos. Desafortunadamente esto puede traer como consecuencia degradación en el desempeño al momento del establecimiento de las llamadas.

Figura 9. Arquitectura de protocolos H.323



En la figura 10 se muestra la relación entre los protocolos de 'tiempo-real' y en la figura 11 se muestran los protocolos para aplicaciones multimedia.

Figura 10. Protocolos RTP/RTCP para VoIP

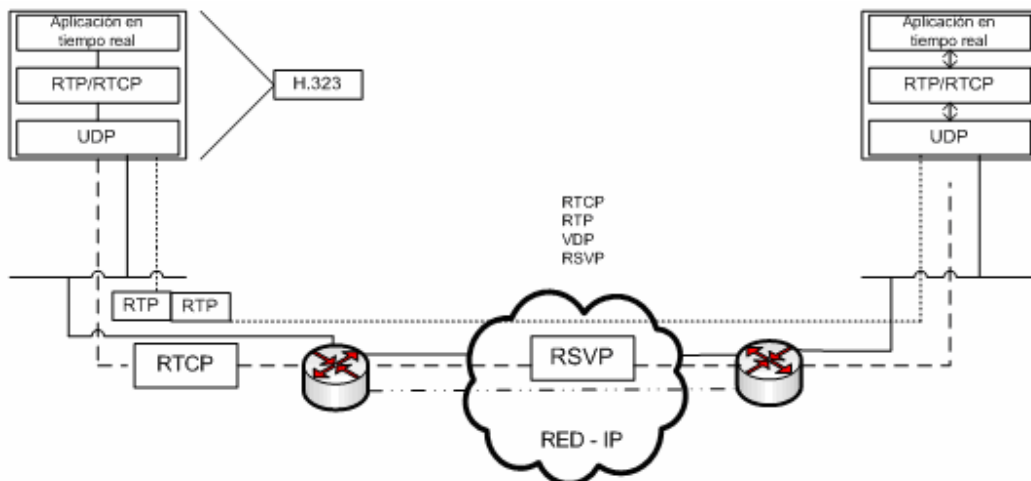
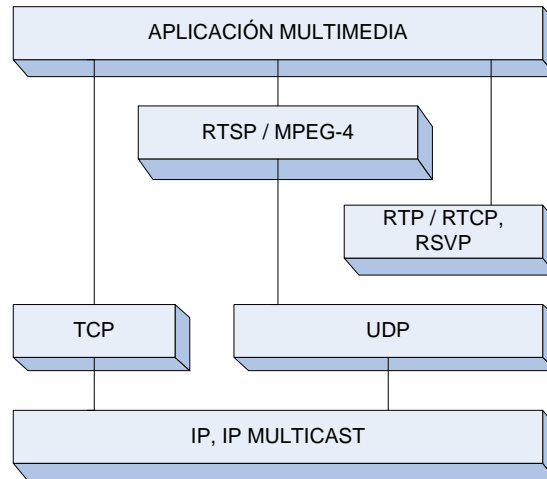


Figura 11. Modelo de protocolos para multimedia



Fuente: www.iec.org

2.2.3.1 CODEC de Audio

Un CODEC de audio codifica la señal de audio del micrófono para la transmisión en el terminal que transmite H.323 y descifra el código de audio recibido que se envía al altavoz en el terminal de recepción H.323. El audio es el servicio mínimo proporcionado por el estándar H.323, todos los terminales H.323 deben tener por lo menos una ayuda de audio del CODEC, según lo especificado en la recomendación de ITU.T G.711 (codificación audio en 64 kbps). Las recomendaciones de audio adicionales del CODEC tales como G.722 (64, 56 y 48 kbps), G.723.1 (5.3 y 6.3 kbps), G.728 (16 kbps) y G.729 (8 kbps) pueden también ser apoyadas.

2.2.3.2 CODEC de video

Un CODEC de *video* codifica el vídeo de la cámara fotográfica para la transmisión en el terminal que transmite H.323 y descifra el código de *video* recibido que se envía a la exhibición de *video* en el terminal de recepción H.323. H.323 especifica la ayuda del vídeo como opcional. Sin embargo, cualquier terminal H.323 que proporciona las comunicaciones de *video* debe

apoyar la codificación del vídeo y descifrar según lo especificado en la recomendación de ITU.T H.261.

2.2.3.3 H.225 Registro, admisión y estado

El registro, la admisión y el estado (RAS) es el protocolo entre los puntos finales (los terminales y las entradas) y los porteros. El RAS se utiliza para realizar el registro, el control de la admisión, los cambios de ancho de banda, el estado y los procedimientos de interconexión entre los puntos finales y los porteros. Un canal de RAS se utiliza para intercambiar mensajes de RAS. Este es el primero que se abre entre un punto final y un portero antes del establecimiento de cualquier otra comunicación.

2.2.3.4 Señalización de llamada H.225

La señalización de llamada H.225 se utiliza para establecer conexiones entre los puntos finales H.323 (los terminales y las entradas), sobre las cuales los datos en tiempo real pueden ser transportados. Esto es alcanzado intercambiando mensajes de gestión de protocolo H.225 en el canal a través de la señalización de llamada. El canal de llamada que realiza la señalización se abre entre dos puntos finales H.323 o entre un punto final y el portero. La señalización de llamada implica el intercambio de los mensajes de gestión de protocolo H.225 sobre un canal de señalización de llamada confiable. Por ejemplo, los mensajes de gestión de protocolo H.225 son TCP transportados en una red basada en IP H.323.

Los mensajes H.225 se intercambian entre los puntos finales si no hay portero en la red H.323. Cuando un portero existe en la red, los mensajes H.225 se intercambian directamente entre los puntos finales después de ser enrutado a través del portero. El primer caso de señalización es de llamada directa. El segundo caso de señalización de llamada es de enrutamiento de portero. El

método elegido es decidido por el portero durante intercambio del mensaje de admisión del RAS.

Señalización de llamada directa: durante la confirmación de la admisión, el portero indica que los puntos finales pueden intercambiar mensajes de señalización de llamada directamente. Los puntos finales intercambian señalización a través del canal.

Señalización de llamada de enrutamiento de portero: los mensajes de la admisión se intercambian entre los puntos finales y los canales de RAS. El portero recibe los mensajes de señalización de llamada a partir de un punto final y los enruta al otro punto final en el canal de señalización de llamada del otro punto final

2.2.3.5 Señalización de control H.245

La señalización del control H.245 se utiliza para intercambiar los mensajes end to end del control que gobierna la operación del punto final H.323. Estos mensajes del control llevan la información relacionada con lo siguiente:

- Intercambio de las capacidades
- Abrir y cerrar los canales lógicos que llevan la información por el medio.
- Mensajes reguladores del canal
- Comandos e indicaciones generales

Los mensajes del control H.245 son canales transportados del control H.245. El canal del control H.245 es el canal lógico 0 y está permanentemente abierto, a los canales del medio. Los mensajes llevados incluyen mensajes para intercambiar capacidades de terminales, para abrir y cerrar los canales lógicos.

Intercambio de capacidades: el intercambio de las capacidades es un proceso que utiliza la comunicación entre terminales para intercambiar mensajes proporcionando la recepción y transmisión de las capacidades del otro punto.

Las capacidades de transmisión describen la capacidad del terminal de transmitir en el medio y las capacidades de recepción describen la capacidad del terminal de procesar información a través del medio.

Señalización del canal lógico: un canal lógico lleva la información a partir de un punto final al otro punto final (en el caso de un punto para señalar conferencia) o a los puntos finales múltiples (en el caso de una conferencia punto multipunto). H.245 proporciona mensajes para abrir o para cerrar un canal lógico; un canal lógico es unidireccional.

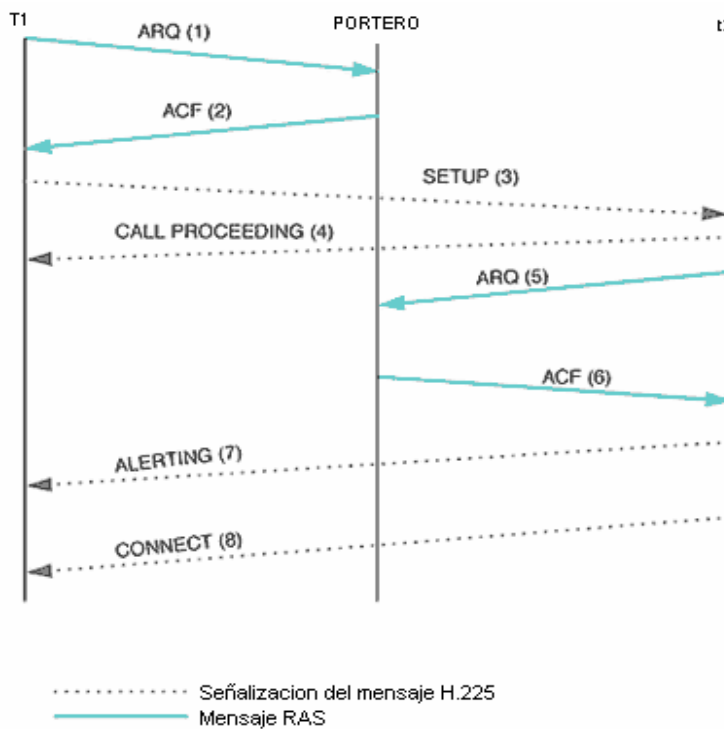
2.2.3.5.1 Ejemplo de una señalización de llamada H.225 y señalización del control H.245

Este módulo describe los pasos implicados en crear una llamada H.323, como establecer la comunicación de los medios y el lanzamiento de la llamada. La red del ejemplo contiene dos terminales H.323 (T1 y t2) conectados con un portero. Se asume señalización de llamada directa. También se asume que fluyen los medios de encapsulación de las aplicaciones RTP. La figura 12 ilustra el establecimiento de la llamada H.323.

1. El T1 envía el mensaje de RAS ARQ en el canal de RAS al portero para el registro. El T1 solicita el uso de señalización de llamada directa.
2. El portero confirma la admisión del T1 enviando ACF al T1. El portero indica en ACF que el T1 puede utilizar en señalización de llamada directa.
3. El T1 envía un mensaje de disposición de señalización de llamada H.225 al t2 que solicita una conexión
4. El t2 responde con un mensaje que procede de la llamada H.225 al T1.
5. Ahora el t2 tiene que colocarse con el portero. Envía un mensaje de RAS ARQ al portero en el canal de RAS.

6. El portero confirma el registro enviando un mensaje de RAS ACF al t2.
7. El t2 alerta al T1 del establecimiento de la conexión enviando un mensaje que alerta H.225.
8. Entonces el t2 confirma el establecimiento de la conexión enviando un H.225 que conecta el mensaje con el T1, y se establece la llamada.

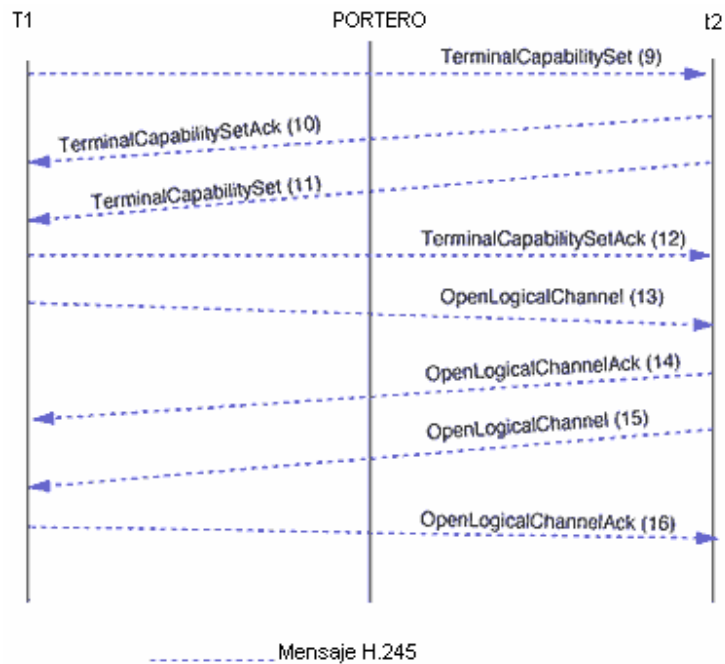
Figura 12. Establecimiento de la llamada H.323



La figura 13 ilustra el control de señales de flujos H.323

9. El canal del control H.245 se establece entre el T1 y el t2. El T1 envía un mensaje de H.245 TerminalCapabilitySet al t2 para intercambiar sus capacidades.
10. El t2 reconoce las capacidades del T1 enviando un mensaje de H.245 TerminalCapabilitySetAck.

Figura 13 Control de señales de flujos H.323



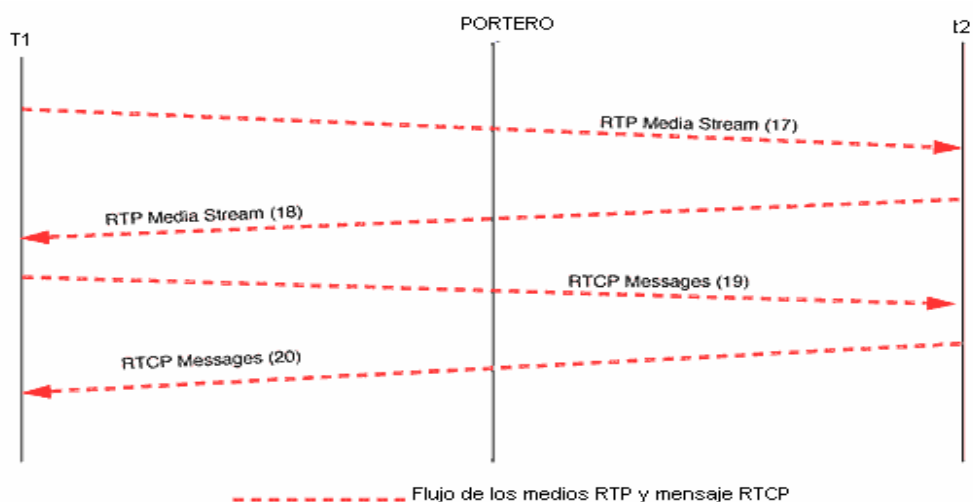
11. El t2 intercambia sus capacidades por el T1 enviando un mensaje de H.245 TerminalCapabilitySet.
12. El T1 reconoce las capacidades del t2 enviando un mensaje de H.245 TerminalCapabilitySetAck.
13. El T1 abre un canal de los medios con t2 enviando un mensaje del openLogicalChannel H.245. La dirección de transporte del canal de RTCP se incluye en el mensaje.
14. El t2 reconoce el establecimiento del canal lógico unidireccional del T1 al t2 enviando un mensaje del openLogicalChannelAck H.245. Se incluyen en el mensaje del reconocimiento la dirección de transporte de RTP asignada por T2 que se utilizará por el T1 para enviar la corriente de los medios de RTP y la dirección de RTCP recibida del T1 anterior.

15. Entonces, el t2 abre un canal de los medios con el T1 enviando un mensaje del openLogicalChannel H.245. La dirección de transporte del canal de RTCP se incluye en el mensaje.
16. El T1 reconoce el establecimiento del canal lógico unidireccional del t2 al T1 enviando un mensaje del openLogicalChannelAck H.245. Se incluyen en el mensaje de reconocimiento la dirección de transporte de RTP asignada por T1 que se utilizará por el t2 para enviar la corriente de los medios de RTP y la dirección de RTCP recibida del t2 anterior. Ahora la comunicación bidireccional de la corriente de los medios se establece.

La figura 14 ilustra el flujo de los medios H.323 y el control de los medios.

17. El T1 envía la corriente encapsulada RTP de los medios al t2.
18. El t2 envía la corriente encapsulada RTP de los medios al T1.
19. El T1 envía los mensajes de RTCP al t2.
20. El t2 envía los mensajes de RTCP al T1.

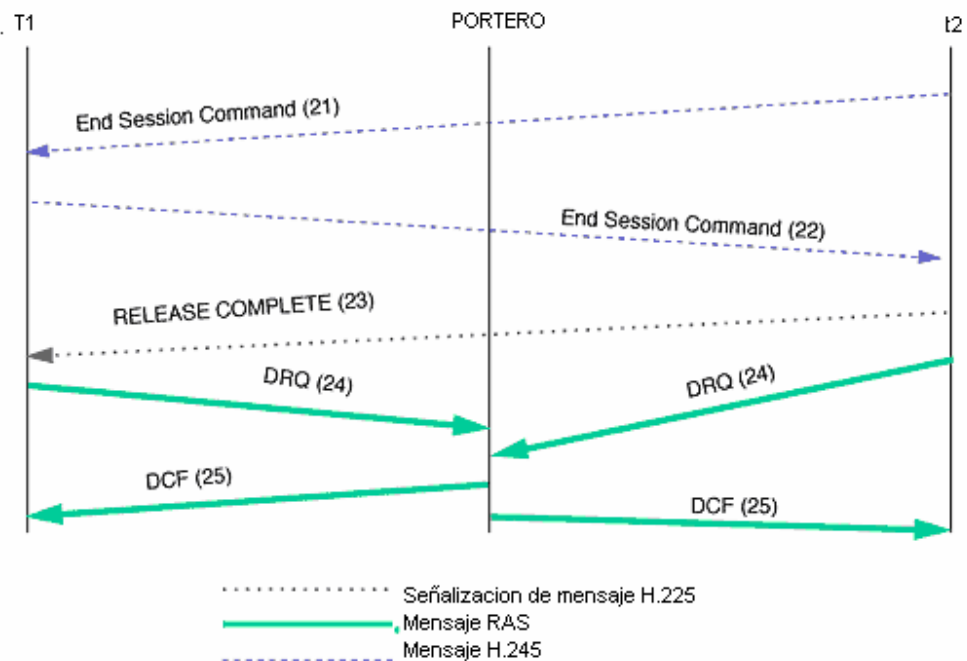
Figura 14. Flujo y control de los medios H.323



La figura 15 ilustra los flujos del lanzamiento de la llamada.

21. El t2 inicia el lanzamiento de la llamada. Envía un mensaje de H.245 EndSessionCommand al T1.
22. El T1 lanza el punto final de la llamada y confirma el lanzamiento enviando un mensaje de H.245 EndSessionCommand al t2.
23. El t2 termina el lanzamiento de la llamada enviando un lanzamiento H.225 el mensaje completo al T1.
24. Desconexión del T1 y del t2 con el portero enviando un mensaje de RAS DRQ al portero.
25. El portero desune el T1 y el t2 y los confirma enviando mensajes de DCF al T1 y al t2.

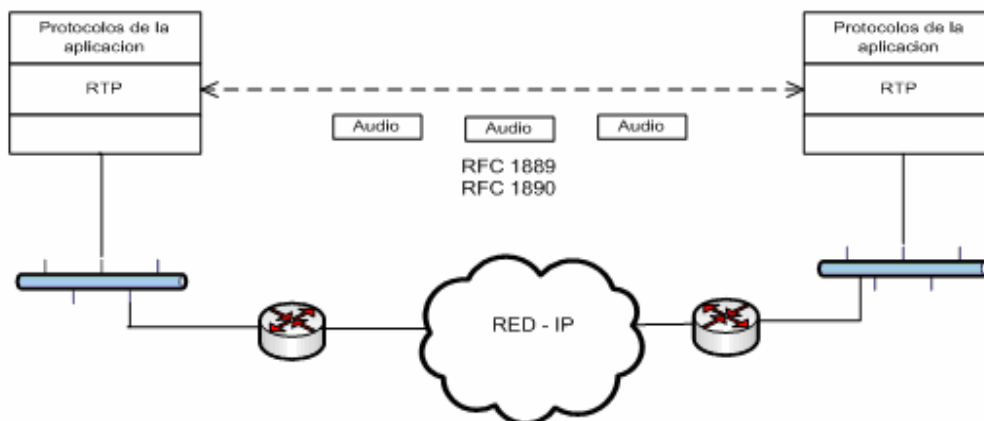
Figura 15. Lanzamiento de la llamada H.323



2.2.3.6 RTP

El protocolo en tiempo real del transporte (RTP) proporciona servicios de entrega end-to-end de audio y *video* en tiempo real en las capas inferiores, es decir define el transporte de tráfico de voz, datos y *video* sobre redes LAN basadas en IP. Mientras que H.323 se utiliza para transportar datos sobre redes basadas en IP, RTP se utiliza típicamente para transportar datos vía el *user datagram protocol* (UDP). RTP, junto con el UDP, proporciona la función de transportar el protocolo. RTP proporciona el tipo de carga, identificación, enumeración de la secuencia, *timestamping* y supervisión de la entrega. El UDP proporciona servicios de la multiplexación y de la suma de comprobación. RTP se puede también utilizar con otros protocolos del transporte. RTP no garantiza QoS y no direcciona reservación de recursos a lo largo de la trayectoria física de una conexión.

Figura 16. Protocolo de transporte en tiempo-real, RTP



El transporte de voz, fax y *video* en telefonía basada en IP es implementada con el protocolo en tiempo-real, RFC 1889. En la figura 16 se muestra el protocolo de transporte en tiempo real, RTP. La codificación de voz y el *video* son explícitamente identificados en el formato de carga útil de RTP. La

funcionalidad de RTP es mejorada con apoyo del protocolo de control de transporte en el tiempo real, (RTCP), el cual proporciona monitoreo extremo a extremo de la entrega de datos y de la calidad de servicio. RTCP es parte de la especificación de RTP.

2.2.3.6.1 Formato del PDU RTP

En la figura 17 se muestra el formato del pdu RTP.

- Tipo de carga útil (PT, 7 *bits*). Este campo identifica el formato de la carga útil de RTP y determina su interpretación por la aplicación. Un perfil define un mapeo estático de códigos de carga útil a formatos de carga útil. Adicionalmente códigos de tipos de carga útil pueden ser definidos dinámicamente a través de significados no RTP, esto es un protocolo de señalización.
- Numero de secuencia (16 *bits*). indica la posición en una secuencia PDU en particular. El número de secuencia se incrementa en uno por cada paquete RTP de datos enviado y puede ser usado por el receptor para detectar paquetes perdidos y restablecer la secuencia de paquetes.
- Marca de Tiempo (32 *bits*). Refleja el instante de muestreo del primer octeto en el PDU RTP. El instante de muestreo deberá ser derivado desde un reloj que se incrementa linealmente en el tiempo para permitir sincronización y cálculo del *jitter*.
- ID de la fuente de sincronización (SSRC), identifica la fuente del flujo de PDUs RTP, la fuente lo asigna automáticamente.
- Misceláneos. Son varios campos que proporcionan información adicional del PDU RTP, como son la versión del protocolo y *bits* de lleno.

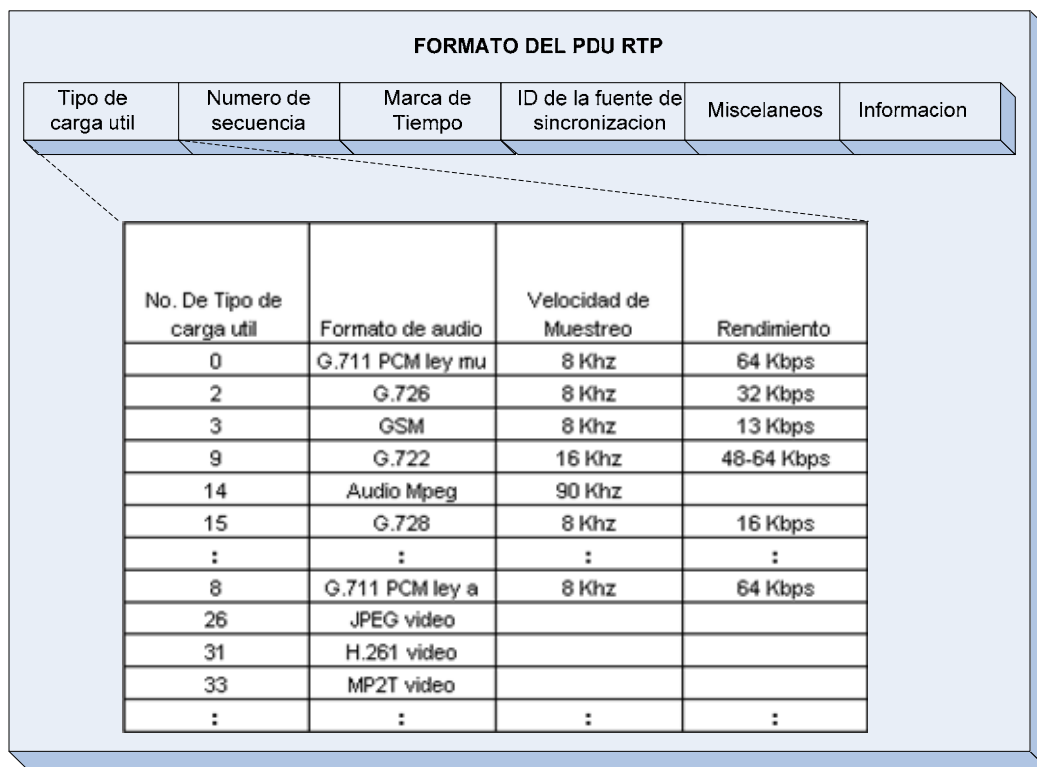
2.2.3.6.2 Impacto de RTP en el ancho de banda requerido para VoIP

El uso de IP como protocolo de red, tradicionalmente ha presentado el problema de retardo en la entrega de la información debido al mecanismo de

almacenamiento, enrutamiento e interconectividad entre equipos. Adicionalmente existe un gran 'overhead' de protocolo en cada paquete, el cual incrementa el ancho de banda requerido de una conexión. Los términos tiempo real e IP nunca han sido sinónimos y podrían nunca serlos, pero si la voz y el video tienen que ser transportados en redes basadas en IP, este tráfico deberá ser transportado con el mínimo retardo como sea posible.

El encabezado de un paquete usando RTP/UDP/IP resulta en 40 octetos de overhead por paquete RTP. Adicionalmente existe overhead dependiente del protocolo de capa de enlace utilizando para transportar el paquete, como por ejemplo el protocolo PPP. En la tabla II se muestra el ancho de banda requerido para diferentes tipos de Codecs utilizando RTP/UDP/IP/PPP.

Figura 17. Formato del PDU RTP



Fuente: www.iec.org

Tabla II. Ganancia de compresión de voz para varios codec ITU-T usando RTP / UDP / IP / PPP

Codec	Ancho de banda pico (kb/s)	Tamaño de paquete	Ancho de banda (Incluyendo encabezado)	Ganancia de compresion (Relativo a PCM)
G.711 (PCM)	64	40 (5 ms)	142.4 kb/s	0.45
		160 (20 ms)	83.6 kb/s	0.77
G.726/G.727 (ADPCM)	32	20 (5 ms)	110.4 kb/s	0.58
		80 (20 ms)	51.6 kb/s	1.24
G.728 (LD-CELP)	16	10 (5 ms)	94.4 kb/s	0.68
		40 (20 ms)	35.6 kb/s	1.80
G.729 (CS-ACELP)	8	5 (5 ms)	86.4 kb/s	0.74
		20 (20 ms)	27.6 kb/s	2.32
G.723.1	6.3	4 (5 ms)	83.5 kb/s	0.77
		16 (20 ms)	25.6 kb/s	2.50

Fuente: Bell Labs Technical Journal, Octubre-Diciembre 1998

2.2.3.7 TCP

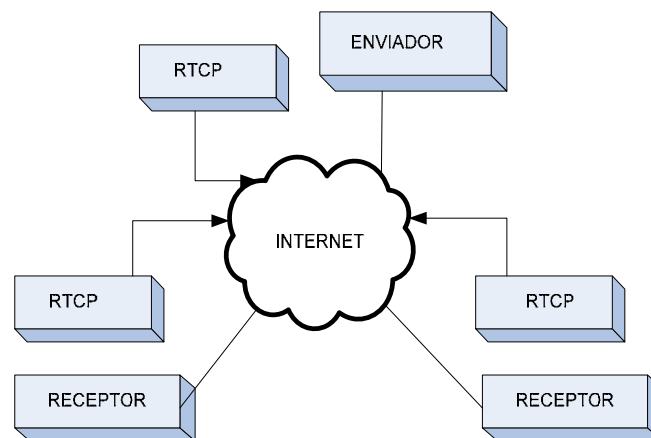
RTCP es un protocolo para monitorear la calidad de servicio y transportar información de este tipo entre los participantes de una audioconferencia. El protocolo de control de transporte de tiempo real (RTCP, *real-time transport control protocol*), es la contraparte de RTP que proporciona servicios de control. La función primaria de RTCP es proporcionar retroalimentación sobre la calidad de la transmisión de los datos. Figura 18.

Otras funciones de RTCP incluyen el llevar un identificador de nivel de transporte para una fuente RTP, llamado nombre canónico, el cual es utilizado por los reportes para sincronizar audio y *video*.

RTCP es a menudo confundido como protocolo de señalización, pero no lo es. Los paquetes RTCP transportan información de extremo a extremo acerca de la calidad de la sesión a cada participante en una teleconferencia. Información como retardo, *jitter*, paquetes recibidos y perdidos son algunas de las

informaciones que se manejan y que son de mucho valor para determinar la calidad de las comunicaciones en tiempo real.

Figura 18. Protocolo de control de transporte de tiempo-real, RTCP



Se define cinco tipos de paquetes RTCP

- SR: reportes del emisor
- RR: reportes del receptor
- SDES: descripción de la fuente
- BYE: termina la participación del usuario en la llamada
- APP: paquete de Aplicación-específica

Real-Time streaming protocol (RSTP), es un protocolo de capa de transporte diseñado para controlar la transmisión de audio y *video* sobre *Internet*. También como complemento a las funciones de RTP/RTCP, se propone administrar el ancho de banda asignado a sesiones RTP/RTCP, mediante una técnica de reservación de ancho de banda utilizada entre enrutadores RSVP.

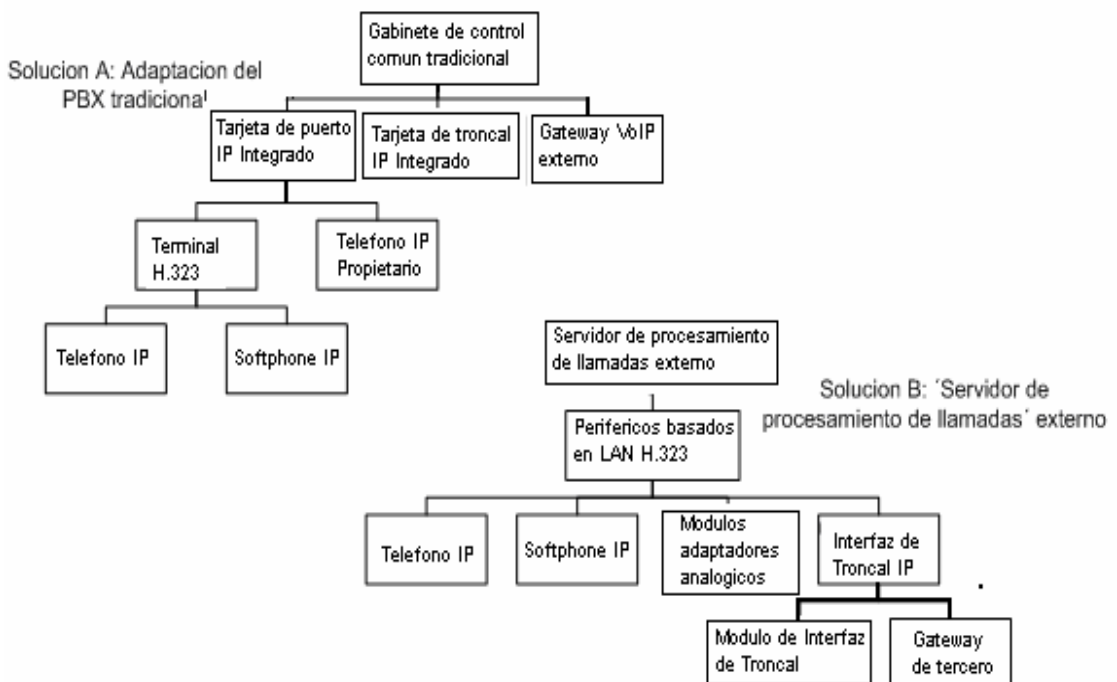
2.3 Telefonía en la lan

Recientemente la arquitectura de algunos sistemas de PBX están sufriendo una transición desde utilizar técnicas de 'conmutación' de circuitos tradicionales a

utilizar técnicas de ‘conmutación por paquetes de datos’. Las técnicas de TDM han sido el método principal de transmisión digital utilizando por los sistemas PBX hasta la fecha, sin embargo el futuro de la comunicación de voz esta tendiendo a utilizar soluciones basadas en el protocolo de datos IP. Esto lo podemos ver en la figura 19.

En los últimos años los fabricantes de conmutadores telefónicos han experimentado e implementado incorporar tecnología IP en el diseño de sus equipos. Los fabricantes de PBX han incorporado IP en sus diseños de conmutadores telefónicos para dar funciones primarias: soportar periféricos, extensiones, troncales y para enlaces de señalización/transmisión entre gabinetes. A continuación se identifican dos posibles soluciones para cumplir este objetivo:

Figura 19. Evolución de Sistemas IP-PBX



- Solución A: adaptación del PBX tradicional

Para adaptar un PBX basado en conmutación de circuitos para que soporte periféricos IP, las soluciones son generalmente: integrar tarjetas IP internamente en el PBX, ya sea para extensión o para troncal o utilizar un dispositivo externo que haga las conversiones necesarias para acoplar periféricos IP con puertos de extensión o de troncal de un PBX. Este tipo de solución la siguieron inicialmente los fabricantes *Lucent Technologies* y *NEC* en sus productos *definity* y *Neax IP express*, respectivamente. Los periféricos IP pueden ser terminales H.323, teléfonos IP o PCs con *software* y GUI para soportar aplicaciones telefónicas.

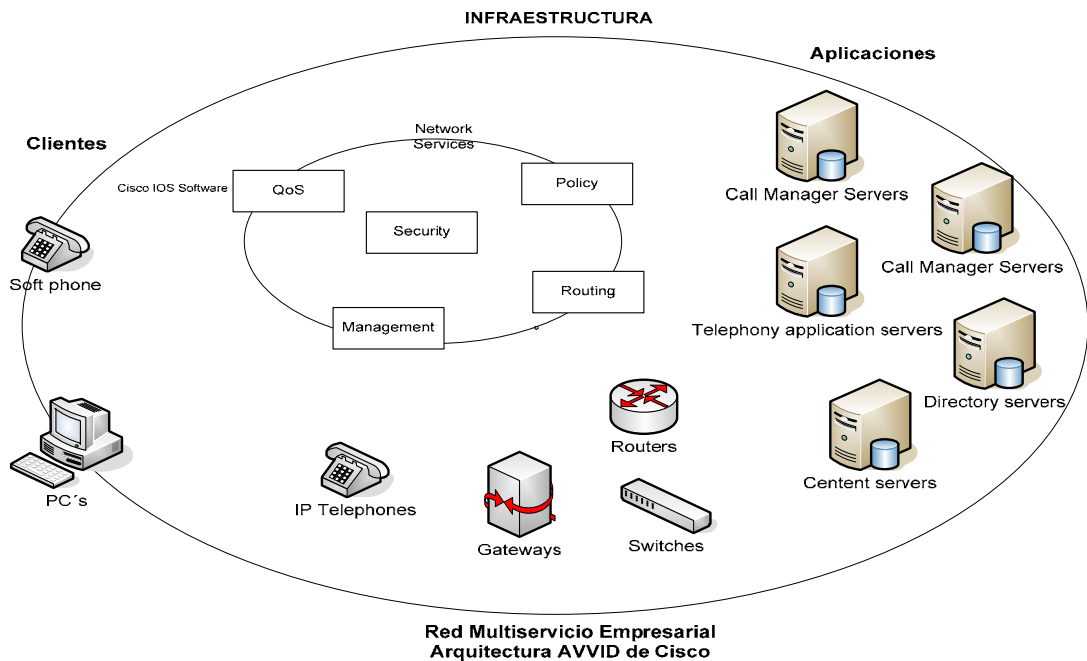
- Solución B: servidor de procesamiento de llamadas externo.

Otra categoría de sistemas IP-PBX es soportado por un servidor de procesamiento de llamadas conectado a una lan. Este método soporta señalización directa entre el servidor de procesamiento de llamadas y los periféricos conectados a la lan, tales como terminales H.323, teléfonos IP o PCs con *software* y GUI para soportar aplicaciones telefónicas. Ejemplo de soluciones de fabricante basada en este método es el producto '*Call Manager*' de *Cisco System*. En la figura 20 se muestra como ejemplo de este tipo de soluciones por parte del fabricante *Cisco System*.

2.3.1 Ejemplos de soluciones de fabricantes de telefónica en LAN

La solución del fabricante *cisco system* para la aplicación '*lan telephony*' esta dada es su producto *AVVID*, la cual es una estrategia de 5 fases para crear lo que denominan como '*red multiservicio empresarial*'. Esto se muestra en la figura 20. Esta estrategia incluye tres bloques de construcción: Infraestructura de '*switches*' y enrutadores, aplicaciones tales como '*control de llamadas*', además clientes tales como teléfonos IP y equipos de videoconferencias.

Figura 20. Ejemplo: Arquitectura AVVID.



Fuente: Cisco System Inc.

2.4 Telefonía por *Internet*

La telefonía IP es la colección de tecnología que emulan y entienden los servicios de telecomunicaciones basados en conmutación de circuitos, para operar en redes de conmutación de paquetes de datos IP. Definida de esta manera la telefonía IP abarca los otros términos y extiende estas capacidades más allá para incluir nuevas aplicaciones de telecomunicaciones que hacen posible la convergencia de voz y datos.

La telefonía por *Internet* presenta algunos problemas con la calidad del sonido y con la oportunidad de la transmisión, debidos principalmente a las características propias de la tecnología de *Internet*. Ante esto, algunas empresas están confinando las aplicaciones de telefónica por *Internet* a sus *Intranets*, buscando el ahorro económico en sus comunicaciones de voz intracompañía, sobre todo en las de larga distancia, a un a costa de la calidad del servicio obtenido. El método de utilizar redes IP con QoS lo están siguiendo

un gran número de proveedores de servicios de telecomunicaciones para ofrecer a sus usuarios servicios públicos de comunicación de voz a través de dichas redes IP. Desde el 2004 se encuentran cada vez mas aplicaciones de telefónica por *Internet* aumentando con ello los suscriptores de este servicio.

2.5 Algunos aspectos importantes a considerar en la aplicación de VoIP.

2.5.1 Ancho de banda necesario

Hasta hace muy poco tiempo el ancho de banda necesario para la transmisión de voz y *video* en tiempo real era considerablemente elevado, lo que hacia imposible este tipo de comunicaciones sobre redes de datos que no garantizarán una calidad de servicio, como por ejemplo *Internet* o redes basadas en protocolo IP. Actualmente la voz que recibe un *gateway* es digitalizada y comprimida según distintos algoritmos como por ejemplo G.723.1, G.729, etc., los cuales se caracterizan por conseguir mayores relaciones de compresión en detrimento del tiempo de retardo, esto debido al tiempo necesario para descomprimir la voz para que pueda ser entendida de nuevo. Algunos de estos algoritmos consiguen comprimir los paquetes de voz en 8 Kbps aproximadamente. El protocolo IP añade al paquete de voz digitalizado y comprimido una serie de encabezados para su correcto transporte a través de la red, lo que hace que el ancho de banda necesario se incremente hasta unos 16 Kbps. Hay que considerar asimismo el parámetro denominado 'supresión de silencio'. Con este parámetro activado, se consigue que la transmisión de paquetes (uso del ancho de banda) se reduzca solo al momento en que las personas están hablando. El resto del tiempo es decir cuando no existe voz a transmitir se libera el ancho de banda.

2.5.2 Calidad en la transmisión de la voz

Con respecto a la calidad de la transmisión de la voz, todos los fabricantes e investigadores hacen referencia a los siguientes factores:

- **Retardo de tránsito en la red.** Tiempo necesario para que la voz viaje de un extremo al otro, incluyen los tiempos necesarios para la compresión, transmisión y descompresión. Este tiempo tiende a minimizarse pero jamás podrá ser suprimido. Actualmente los tiempos son de alrededor de 150 ms.
- **Codificadores de voz.** Influyen en la digitalización de la voz en paquetes de datos que contienen voz y que serán transmitidos por la red IP, también influyen por el retardo necesario para la descompresión de esos paquetes de voz, lo que imputa un retardo adicional a la comunicación.

2.5.3 Aspectos regulatorios

Los servicios de VoIP inquietan a los proveedores de servicios de telecomunicaciones, debido al rápido crecimiento que está teniendo *Internet* y la posibilidad de ofrecer cantidad de servicios de valor agregado sobre esta red, como lo es la telefonía IP. Desafortunadamente para ellos, la forma en como se regulan en muchos países los servicios de telecomunicaciones y los esquemas de tarifas correspondientes, fueron desarrollados pensando en la prestación de servicios telefónicos a través de redes telefónicas tradicionales o conmutadas por circuitos y no en servicios de transmisión de datos, donde actualmente es posible transportar la voz, como en la *Internet*. Las mismas regulaciones que establecen las reglas para los servicios telefónicos tradicionales, son difíciles o imposibles de aplicar a los servicios de telecomunicaciones que se prestan en la *Internet*.

Por ejemplo, para el servicio telefónico se manejan los siguientes aspectos regulatorios y de precios: El servicio telefónico se maneja como un producto sujeto a impuestos, subsidios y regulaciones bastante complejas. El servicio local es subsidiado en gran medida por los operadores de larga distancia cuando se pagan costos de interconexión, facilitando el crecimiento de las redes locales y ofreciendo el servicio a un mayor segmento de la población.

Por el contrario, los proveedores de servicios de transmisión de datos, como podrían ser los ISP, no están sujetos a todas las reglas a que lo están las compañías telefónicas, los servicios públicos de datos se consideran como 'servicios de valor agregado', donde el usuario solo paga el acceso a la red. Como resultado de esto, sus costos de operación son relativamente más bajos y por lo tanto pueden ofrecer servicios equivalentes a los de las compañías telefónicas, con tarifas mas bajas. Esta situación debe cambiar, la regulación no considera restricciones al envío de voz a través de *Internet*, con la intención de no desmotivar las inversiones ni el desarrollo de esta tecnología, en un futuro deberá cambiar junto con los esquemas de precios para ofrecer una competencia justa entre los diferentes operadores de servicios de telecomunicaciones.

3. DATOS DE ALTA VELOCIDAD CON TECNOLOGIA XDSL

3.1 Introducción

La tecnología DSL, Línea de Abonado Digital suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a *Internet* utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a diferentes redes lan, videoconferencia y sistemas de redes privadas virtuales (VPN). XDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrica, asimétrica y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Las tecnologías XDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan los requisitos necesarios en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Los beneficios de este renacimiento tecnológico son inmensos. Los proveedores de redes de servicios pueden ofrecer nuevos servicios avanzados de inmediato, incrementando las ganancias y complementando la satisfacción de los usuarios. Los propietarios de redes privadas pueden ofrecer a sus usuarios los servicios expandidos que juegan un papel importante en la productividad de la compañía y los impulsa a mejorar su posición competitiva.

3.2 Definición

XDSL es un término genérico para la gran variedad de tecnologías pertenecientes a DSL, este se refiere a la tecnología usada entre el cliente y la compañía telefónica, habilitando un mayor ancho de banda de transmisión sobre las ya existentes convencionales líneas telefónicas de cobre.

XDSL utiliza mucho más ancho de banda que las líneas telefónicas de cobre del que se está usando actualmente para la transmisión de voz. Aprovechando frecuencias que están por encima de las utilizadas para la telefonía (400Hz-4KHz), XDSL puede codificar más datos alcanzando tasas de transmisión muy altas, cosa que es imposible en el rango de frecuencias restringido para la red telefónica. Para lograr el uso de frecuencias por arriba del espectro de la voz, el equipo de XDSL debe ser instalado en ambos extremos del cable de cobre así como a lo largo de toda la ruta del cable. Esto significa que, dispositivos que limiten el ancho de banda deben ser removidos o evitados.

Una de las grandes limitantes de estas tecnologías es que por el uso del cableado telefónico, este impone limitaciones de distancia para las transmisiones de datos sobre esas frecuencias. A medida que la localización del cliente se aleja de la central telefónica, la calidad de las transmisiones baja. En la actualidad, para mantener la calidad en los servicios, se propone en los estándares una distancia máxima de 5.5 kilómetros de distancia entre el cliente y la central telefónica. En la figura 21 se muestra el espectro de frecuencia para los datos de carga del usuario hacia el proveedor (salida) y los datos de descarga del proveedor hacia el usuario (entrada)

Existen gran variedad de tecnologías pertenecientes a XDSL, cada una diseñada con objetivos muy específicos y necesidades de mercado. Algunas de las formas de XDSL son propietarias, otras simplemente son modelos teóricos y

otros son ampliamente usados como estándares. La mejor forma de categorizarlos es dependiendo de los métodos de codificación que estos usan para codificar sus datos. A continuación se mencionan algunos de los tipos de XDSL así como una tabla comparativa, esta se muestra en la tabla III, en ella se observan las tasas de transmisión y la distancia máxima a la central telefónica.

Figura 21. Distribución del espectro de frecuencia en XDSL

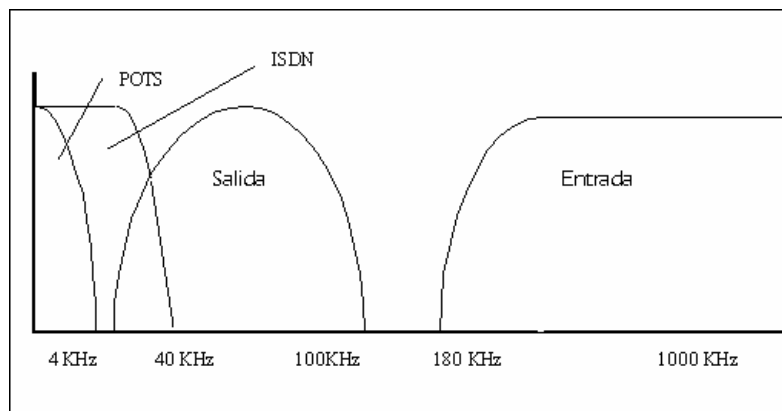


Tabla III. Velocidades máximas y comparación entre tipos XDSL

Tipo de Servicio	<i>Downstream</i> (a 5.5 kms de la oficina central)	<i>Upstream</i> (a 5.5 Kms de la oficina central)	<i>Downstream</i> (a 3.6 Kms. de la oficina central)	<i>Upstream</i> (a 3.6 Kms de la oficina central)
ADSL	1.5 BIT/s	64 kbit/s	6 Mbit/s	640 kbit/s
CDSL	1 Mbit/s	128 kbit/s	1 Mbit/s	128 kbit/s
HDSL	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s
ISDL	128 kbit/s	128 kbit/s	128 kbit/s	128 kbit/s
RADSL	1.5 Mbit/s	64 kbit/s	6 Mbit/s	640 kbit/s
S-HDSL	No soportado	No soportado	768 kbit/s	768 kbit/s
SDSL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	2 Mbit/s	2 Mbit/s
VDSL	51 Mbit/s	2.3 Mbit/s	51 Mbit/s	2.3 Mbit/s

3.3 Arquitectura

El factor común de todas las tecnologías DSL es que funcionan sobre un par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión. Aunque existen algunos problemas de incompatibilidad, todo parece indicar que su coexistencia está asegurada. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

3.3.1 El par de cobre y sus características como medio de transmisión.

Si nos fijamos en las tecnologías basadas en la infraestructura existente encontramos:

- Red telefónica de cobre + ADSL: Dos módems ADSL a cada lado de la línea telefónica (nodo de conexión, abonado), utilizando la banda completa de línea de cobre, restringida a la voz por medio de un método de codificación digital específico.

Pero si nos fijamos en tecnologías que utilizan nueva infraestructuras tenemos:

- Red híbrida: fibra óptica + ADSL/VDSL: Fibra desde el nodo de conexión hasta la acera o el edificio y acceso final al hogar proporcionado por línea telefónica de cobre junto con módem ADSL o VDSL.

Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en

los sistemas de comunicaciones de datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC, corrección de errores sin retransmisión, que reducen de forma importante los errores causados por el ruido. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo: la longitud de la línea de cobre, el calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms), la presencia de derivaciones puenteadas, la interferencia de acoplamientos cruzados.

Con el fin de maximizar la calidad del enlace XDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al XDSL específico. Algunos de los parámetros importantes se mencionan a continuación:

1. Continuidad, impedancia (resistencia del loop, aislamiento y capacitancia).
2. Balance longitudinal de impedancias. Desequilibrio resistivo (normalmente 2% de resistencia del loop)
3. Pérdida de retorno, pérdidas por inserción.
4. *NEXT (near end crosstalk)*.
5. Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua.
6. Atenuación a 40, 120 ó 150 Khz., 135 Ohms, dependiendo de la aplicación.
7. Voltaje AC y DC inducido en la línea.
8. Corriente AC y DC en la línea.
9. Ruido de fondo, ruido impulsivo, relación señal a ruido, según la aplicación.
10. Medición de la velocidad máxima de transmisión del XDSL.
11. Medición de la tasa de error (*BERT*) del XDSL.

Hay que conocer cual es el impacto que cada uno de estos parámetros tiene en el desempeño del XDSL. Es importante que al momento de seleccionar las herramientas para pruebas de XDSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de parámetros importantes. Se debe tener en cuenta que en la medida en que aumente la velocidad de transmisión de los DSL's, más crítica será la influencia de parámetros como la capacitancia y el *next*.

Las instalaciones de planta externa, utilizadas en transmisión de datos, deben ser probadas rigurosamente, con el fin de asegurar la calidad del servicio y garantizárselo al cliente. El hilo telefónico presenta diferentes problemas que la tecnología ADSL debe afrontar, a continuación se detallan algunas de estas características.

3.3.1.1 Atenuación

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. La mayoría de los pares de cobre que conectan las centrales locales de las compañías telefónicas con sus clientes fueron instaladas hace ya algunas décadas y no han sido sustituidas. Los pares enrollados y no apantallados de AWG 24 y AWG 26 (0.5 mm y 0.4 mm de sección, respectivamente) hacen la función para la cual estaban inicialmente diseñados, llevar señales portadoras de voz. Sus longitudes son limitadas debido a la atenuación por encima de los 4kHz. Se estima que el 95% de los usuarios están por debajo de los 2.9 Km. de distancia de la central. En la tabla IV algunos de estos parámetros.

Tabla IV. Cableados de ADSL.

VELOCIDAD	TIPO DE CABLE	DISTANCIA	GROSOR DEL CABLE
1.5 o 2Mbps	24 AWG	5.5 kms.	0.5 mm.
1.5 o 2Mbps	26 AWG	4.6 Kms.	0.4 mm.
6.1 Mbps	24 AWG	3.7 Kms.	0.5 mm.
6.1 Mbps	26 AWG	2.7 Kms.	0.4 mm.

3.3.1.2 Ruido

Podemos diferenciar entre dos tipos de ruido que pueden afectar a una transmisión XDSL sobre cable de cobre:

3.3.1.2.1 Ruido intrínseco

Es el ruido térmico, ecos, reflexiones, atenuación y *crosstalk*. También hay otros componentes presentes en la infraestructura del cableado como protectores de sobrecargas, filtros de radiofrecuencia o puentes. Debemos sumar las imperfecciones en la instalación del cable, como pares en mal estado, contactos con tierra o humedades.

3.3.1.2.2 Ruido extrínseco

Básicamente se trata de ruido impulsivo generado por chispas eléctricas, vallas eléctricas, líneas de alta tensión, maquinaria, interruptores, luces fluorescentes. Muy importantes son también las interferencias de las emisoras de radio.

Podemos también clasificar los ejemplos citados entre limitadores de la capacidad o del funcionamiento:

- a) Limitadores de la capacidad: ruido que cambia lentamente, como el ruido térmico o el *crosstalk*.
- b) Limitadores del funcionamiento: ruido intermitente por naturaleza, como los impulsos o las interferencias de radio. Es impredecible, por lo que obliga a dejar un margen de seguridad en el diseño. En ADSL se utiliza el entrelazado y códigos adaptativos de línea para minimizar estos efectos.

3.3.1.3 Crosstalk

El *crosstalk* es de lejos el principal limitador de la capacidad en las comunicaciones DSL. Existen dos tipos muy diferentes de *crosstalk* en los pares de cobre:

3.3.1.3.1 NEXT (near end crosstalk)

Es la interferencia que aparece en otro par al mismo extremo que la fuente de interferencia. El nivel de interferencia es bastante independiente de la longitud del cable, afecta a aquellos sistemas que transmiten a la vez en los dos sentidos (por ejemplo, sistemas con cancelación de eco). Si aparece, es mucho más importante que el *FEXT*. La solución es separar los dos sentidos de transmisión en tiempo o en frecuencia.

3.3.1.3.2 FEXT (far end crosstalk)

Es la interferencia que aparece en el otro par al extremo opuesto al cable de donde esta la fuente de interferencia. Esta señal esta minimizada juntamente con la señal útil y las dos han viajado la misma distancia.

3.3.1.4 Dispersión

La dispersión de la señal es otro problema con las señales de altas frecuencias. Las características físicas de las líneas de transmisión son tales que las señales de diferentes frecuencias se propagan a velocidades diferentes. Así pues los pulsos, que representan los datos y que están constituidos por muchas componentes frecuenciales, tienden a dispersarse a medida que se propagan a través de la línea, pudiéndose solapar el uno con el otro. Este efecto es conocido como interferencia intersimbólica y limita la velocidad de transmisión máxima. Igual que la atenuación, los efectos de la dispersión empeoran con la frecuencia y la longitud de la línea.

3.3.1.5 Bridge tap

A menudo los técnicos de las compañías telefónicas, cuando conectan a un nuevo abonado, derivan de un par existente y dejan el resto del cable intacto y abierto para un uso probable en el futuro. El problema básico es que esta línea

queda sin adaptar y que se pueden producir reflexiones que interfieran el correcto funcionamiento de la red. En la industria telefónica a este problema se la llama *bridge tap* y debe solucionarse adaptando correctamente todas las terminaciones.

3.3.1.6 Distribución frecuencial

La banda frecuencial usada en la tecnología ADSL comprende desde los 0 Hz hasta los 1.1 MHz, porque más allá del los 1.1 MHz las perdidas son demasiado importantes. Esta banda se reparte en tres sub-bandas:

- a) Voz telefónica (0-4 Khz.)
- b) Canal de subida (25-138 Khz.)
- c) Canal de bajada (200kHz-1.1 MHz)

3.3.1.7 Cancelación de ecos

Se utiliza algún tipo de tecnología que permita cancelar ecos, la banda del canal de bajada puede ser expandida. En términos simples, la cancelación de ecos significa que el canal de subida y el de bajada son enviados por el cable a la misma frecuencia, es decir que se solapan, mientras que el método FDM envía el canal de subida y el de bajada a diferentes frecuencias. La ventaja de la cancelación de ecos es que ambas señales se encuentran a la frecuencia más baja posible y tanto la atenuación y el crosstalk se incrementan con la frecuencia. De esta manera se pueden alcanzar distancias para una tasa dada. Pese a todo, los sistemas de cancelación de ecos ADSL son más sofisticados por lo que pocos fabricantes lo implementan. Un receptor ADSL ve una única señal que es el resultado de la señal entrante del módem remoto y la señal saliente del propio módem receptor. Estas se encuentran mezcladas en el mismo rango frecuencial.

3.3.1.8 Entrelazado

El entrelazado utilizado en los módems ADSL es capaz de corregir ráfagas de errores de hasta 500 μ s. Por otro lado, el entrelazado incrementa la latencia del sistema, que es inaceptable en algunas aplicaciones, por lo que los módems ADSL son capaces de funcionar con o sin entrelazado.

3.3.2 DSLAM

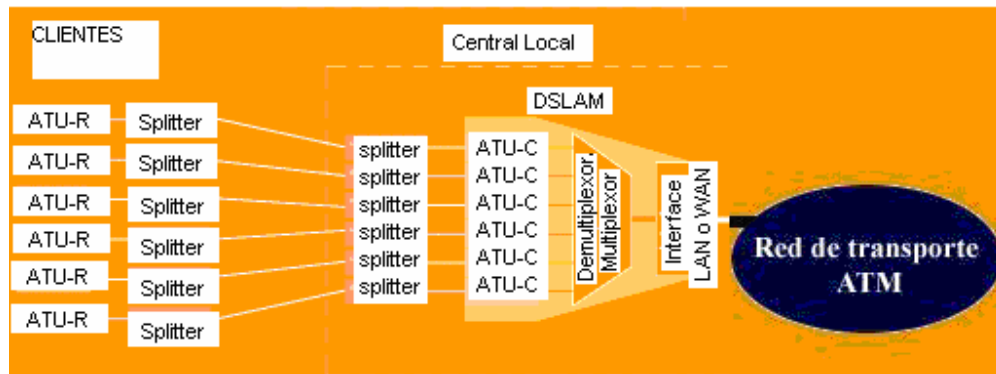
Para interconectar a los múltiples usuarios de DSL en una red de computadores, se usa un Multiplexor de Acceso de Línea de Subscriptor Digital (DSLAM). Típicamente, el DSLAM se conecta a una red ATM donde puede transmitir datos. A cada extremo la transmisión, un demultiplexor de DSLAM retransmite los datos a las conexiones individuales de DSL apropiadas, además es capaz de enrutar el tráfico de todas las tarjetas hacia una red de área extensa o wan en la figura 22 se muestra multiplexor DSLAM y su enrutamiento.

El ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario. Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM, el cual es un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN. Esto se muestra en la figura 22. El DSLAM es la integración de varios ATU-Cs en un equipo, este es el factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL.

3.3.3 Beneficios de la tecnología XDSL

En la tabla V se muestran los beneficios de la tecnología XDSL.

Figura 22 Multiplexor DSLAM y su enrutamiento



Fuente: Forum ADSL

Tabla V. Beneficios de XDSL.

CARACTERÍSTICA	BENEFICIO
Soporte Línea de Código DSL	<ul style="list-style-type: none"> •DSLAM soporta una variedad de códigos de línea y protocolos. •DSLAM soporta ADSL, SDSL, IDSL. •Escalabilidad garantizada.
Arquitectura flexible	<ul style="list-style-type: none"> •Combina los beneficios de ATM e IP. •Ofrece variedad de servicios, aplicaciones.
Escalabilidad	<ul style="list-style-type: none"> •Flexibilidad para soportar la entrada de nuevos usuarios
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> •Procedimientos para facilitar el desarrollo y continuo mantenimiento.
Manejabilidad	<ul style="list-style-type: none"> •Compatibilidad con plataformas NMS (Sistema de Manejo de Red) y redes P2P. •Uso de tecnologías Internet use (XML) para facilitar el transporte de datos. •SLM-DSL soporta aplicaciones avanzadas.

3.3.4 ATM sobre enlaces XDSL

Las redes de comunicaciones de banda ancha emplean ATM ("*Asynchronous Transfer Mode*") para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de células ATM sobre los enlaces ADSL, también las tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en células ATM.

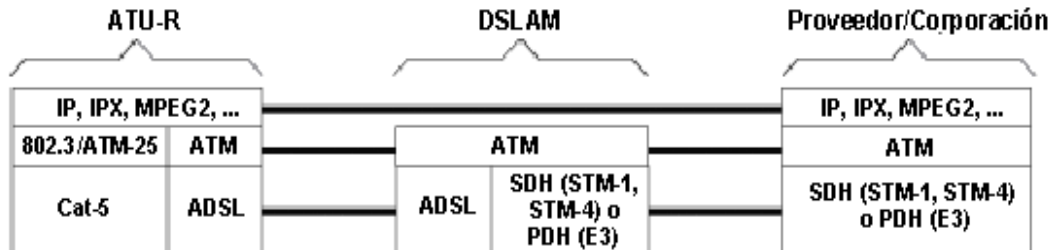
Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho que en ATM se contemplan diferentes capacidades de transferencia, con distintos parámetros de calidad de servicio, para cada circuito. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace XDSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

En los módems ADSL se pueden definir dos canales, uno el canal "*fast*" y otro el "*interleaved*". El primero agrupa los CVPs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal "*interleaved*", llamado así porque en el se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

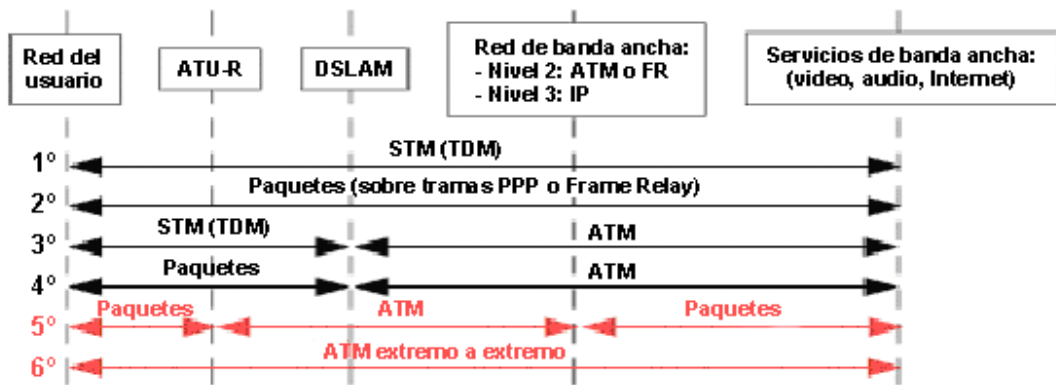
Los estándares y la industria han impuesto el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces, una de ellas sobre STM-1, STM-4 ó E3, y el resto ADSL-DMT, y el núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM sin bloqueo. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de vigilancia. En la figura 23 se muestra la torre de protocolos con ATM sobre DSL y en la figura 24 se muestran los modelos propuestos por forum ADSL para ofrecer servicios adsl.

Figura 23. Torre de protocolos ATM / ADSL



Fuente: Forum ADSL

Figura 24. Prestación de servicios con acceso ADSL.



Fuente: Forum ADSL

La solución que se ha impuesto pasa por el envío de células ATM sobre el enlace ADSL (entre el ATU-R y el ATU-C situado en el DSLAM). Por lo tanto, de los seis modelos que propone el ADSL Fórum sólo son válidos los dos últimos.

3.5 Tecnologías XDSL

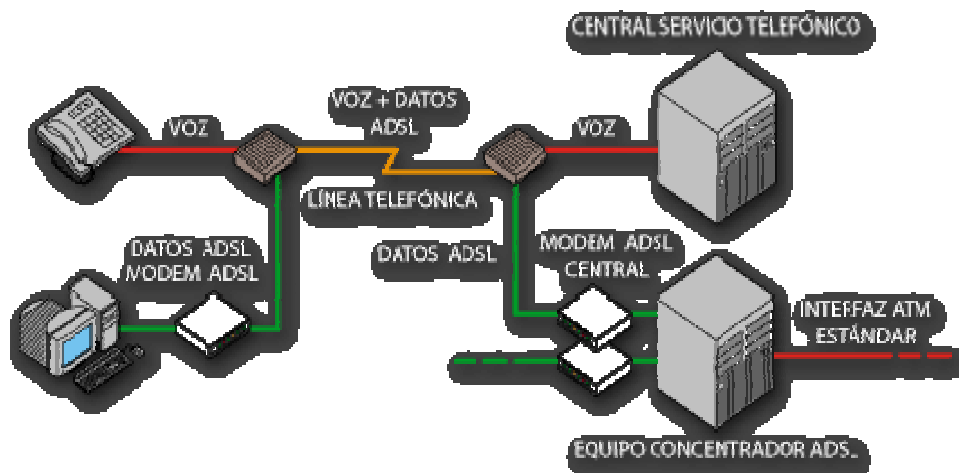
3.5.1 ADSL

Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. ADSL facilita el acceso a *Internet* de alta velocidad así como el acceso a redes

corporativas para aplicaciones como el teletrabajo y aplicaciones multimedia como juegos on-line, vídeo sobre demanda, videoconferencia, voz sobre IP, etc.

Es un servicio dirigido a internautas y profesionales que hagan un uso intensivo de la red, de forma que puedan beneficiarse tanto de alta velocidad para la transmisión y recepción de datos como de la tarifa plana para sus conexiones a *Internet* con tiempo ilimitado. El esquema ADSL se muestra en la figura 25.

Figura 25. Esquema de ADSL.



Este tipo de DSL posee una buena velocidad para bajar información, pero no ocurre lo mismo con la velocidad para subirlos a la red. Se utiliza principalmente para navegar por la *web* o chequear *e-mails*.

3.5.1.1 Rendimiento de ADSL

Para hacer posible esta tecnología hay que instalar un módem ADSL en cada extremo de una línea telefónica de cobre (usuario – central telefónica). Sus velocidades hacia el usuario final van desde 1.0 a más de 9 Mbps y hacia el proveedor de acceso va desde 16 Kbps a 800 Kbps, dependiendo de la calidad y longitud del bucle. Entre sus características más resaltantes están: con ADSL

es posible hablar por teléfono mientras se transmiten datos y *video*, gracias a filtros que distinguen entre voz y datos; con ADSL se puede ofrecer a cada suscriptor servicios de altas velocidades a *Internet* y el acceso en-línea, *telecommuting* (trabajo en casa), VoD, etc.

ANSI ha asignado el número " T1.413 " al estándar ADSL. Durante mucho tiempo se ha considerado la red telefónica como una red inadecuada para la transmisión de datos a alta velocidad. Sin embargo, esto no es totalmente cierto, el ancho de banda disponible de la red telefónica es de 3.1 KHz. (rango de frecuencias entre 300 y 3400 Hz). Por lo tanto, queda todo un rango de frecuencias inutilizado (toda componente frecuencial situado en un rango no comprendido entre los 300 y 3400 Hz es eliminada por filtros). Por lo tanto, el ancho de banda no viene limitado por el par de hilos de cobre, sino por la tecnología aplicada en la red telefónica.

3.5.1.2 Funcionamiento

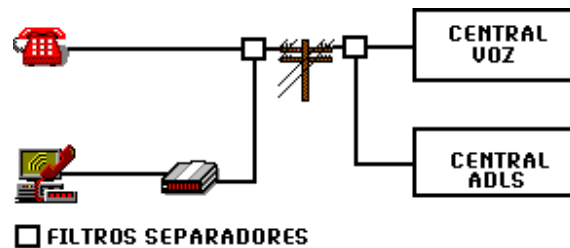
En el servicio ADSL, el envío y recepción de los datos se establece desde el ordenador del usuario a través de un módem ADSL. Estos datos pasan por un filtro (*splitter*), que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio ADSL. Es decir, el usuario puede hablar por teléfono a la vez que esta navegando por *Internet*. En la figura 26 se puede ver el diagrama del funcionamiento.

ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual. Para conseguir estas tasas de transmisión de datos, la tecnología ADSL establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- El primero es el canal estándar que se utiliza para transmitir la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico).

- El segundo es el canal de alta velocidad que llega desde 1 a 9 Mbps.
- El tercero es el canal de velocidad media que llega desde 16 a 800 Kbps.

Figura 25. Funcionamiento de la tecnología ADSL.



El segundo canal, el de alta velocidad, es el utilizado para recibir información, mientras que el tercer canal, el de velocidad media se utiliza para enviar información. Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de transmisión de datos. El canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos.

Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en el sentido red - usuario, lo cual se adapta perfectamente a los servicios de acceso a información en los que normalmente, el volumen de información recibido es mucho mayor que el enviado.

El sistema ADSL lo que realiza es una división de frecuencia sobre el cable de línea telefónica. Para poder realizar dicha división de frecuencias, el ADSL utiliza FDM, división de frecuencia por multiplexación o cancelación de ecos.

Para crear varios canales, los módems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos: la FDM o la cancelación del eco. La otra técnica de multiplexación usada en ADSL es la multiplexación en tiempo (TDM), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

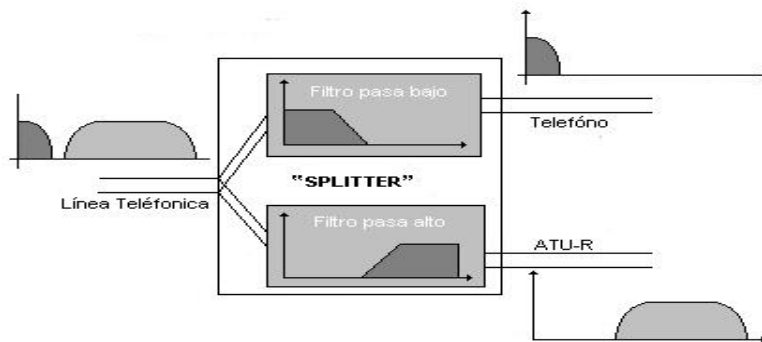
La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de ésta. Al mismo tiempo, el circuito lógico que va a la central se fracciona mediante TDM, en uno o más canales de alta velocidad y en uno o más canales de baja velocidad. La cancelación de eco superpone ancho de banda dirigido al usuario al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión del eco local, de la misma forma que se hace en los módems este sistema permite utilizar el ancho de banda con más eficacia, pero a cambio de un mayor costo y complejidad.

En ambos métodos, FDM y cancelación del eco, es necesario añadir un filtro (*splitter*), que separa una banda de 4 KHz. para la línea telefónica habitual. De esta forma el tráfico de voz y de datos puede transmitirse por el mismo cable y eliminándose así la necesidad de tener una línea para voz y otra para datos.

3.5.1.3 Splitter

Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos usuario a red y red a usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local. En la figura 27 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R) y en la central (ATU-C), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "*splitter*". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

Figura 27. Funcionamiento del *splitter* y manejo de señales adsl



3.5.1.4 Modulación

Como con todas las tecnologías, el ADSL tiene sus propios estándares. En 1994 se creó el ADSL Forum, un organismo encargado de promover y desarrollar la implementación y arquitecturas de ADSL. Los estándares establecidos hasta el momento son:

CAP: Carrierless amplitude phase, modulación por amplitud de fase sin portadora, este permite llegar a velocidades de hasta 1.5 Mbps. Este sistema es el utilizado para la televisión por cable y se basa en usar todo el cable para enviar una única señal.

DTM: Discrete multitone, multitono discreto, es una técnica de modulación.

En la tecnología ADSL existen varias formas de alterar la señal portadora de alta frecuencia para convertirla en una señal modulada y ser enviada a través de cable telefónico. Los dos sistemas de modulación son rivales entre sí, hasta tal punto de haber creado grupos de partidarios a favor de una u otra. Tanto CAP como DMT están basados en el sistema QAM aunque cada uno lo adopta de una forma distinta. CAP y DMT son actualmente dos "códigos de la línea" o sistemas de modulación en el mercado para ADSL.

El tipo de modulación CAP, ofrece una solución al problema de generar una onda modulada capaz de transportar cambios de amplitud y de fase. La versión CAP de la modulación QAM almacena partes de una señal en una memoria y luego une los fragmentos de la onda modulada. La señal portadora se suprime antes de la transmisión ya que no contiene información y se vuelve a componer de nuevo en el módem receptor. De ahí la expresión sin portadora. Al comienzo de la transmisión CAP también comprueba la calidad de la línea de acceso y utiliza la versión más eficaz de QAM para obtener el mayor rendimiento en cada señal.

La modulación DMT es la otra alternativa. Dado que las señales de alta frecuencia atravesando las líneas de cobre sufren mayores pérdidas en presencia de ruido, DMT divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales. Como en el caso del sistema CAP, realiza una comprobación al comienzo de la transmisión para determinar la capacidad de la señal portadora de cada subcanal. A continuación, los datos entrantes se fragmentan en diversos números de *bits* y se distribuyen entre una determinada combinación de los 256 subcanales creados, en función de su capacidad para efectuar la transmisión. Para eliminar el problema del ruido, se transportan más datos en las frecuencias inferiores y menos datos en las superiores. DMT es la base de ANSI Standard T1.413

La modulación CAP tiene la ventaja de estar disponible para velocidades de 1.544 Mbps y su coste es reducido debido a su simplicidad, la desventaja que presenta es que reduce el rendimiento en ADSL y es susceptible de interferencias debido a la utilización de un solo canal. Mientras que la modulación del tipo MDT tiene la ventaja de ser la norma que han acogido ANSI y ETSI, además ofrece cuatro veces más de rendimiento que la modulación CAP para el tráfico de datos desde la central al usuario y de diez veces más desde el usuario a la central, también es menos susceptible al ruido y es más

rápida que la CAP, independientemente de la distancia que separe los módems ADSL. Los inconvenientes son que su costo resulta superior al de CAP y es un sistema muy complejo.

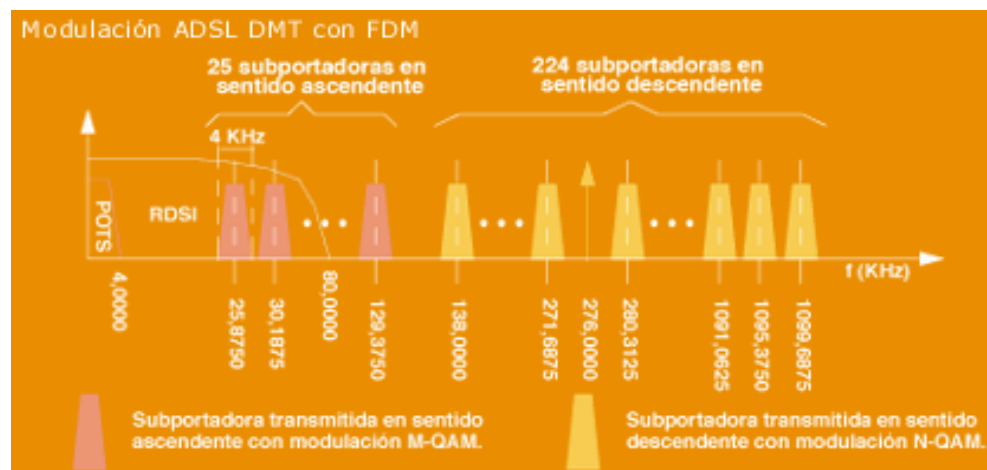
En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP y DMT. Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han inclinado por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4.3125 KHz., y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación señal/ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación señal/ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia estriba en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 64. La modulación parece y realmente es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP.

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "*downstream*".

- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal "downstream" recibida.

Figura 28. Modulación ADSL DMT con FDM



Fuente: Forum ADSL

En la figura 28 se ha presentado la modalidad del ADSL de modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquéllas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de ecos para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión.

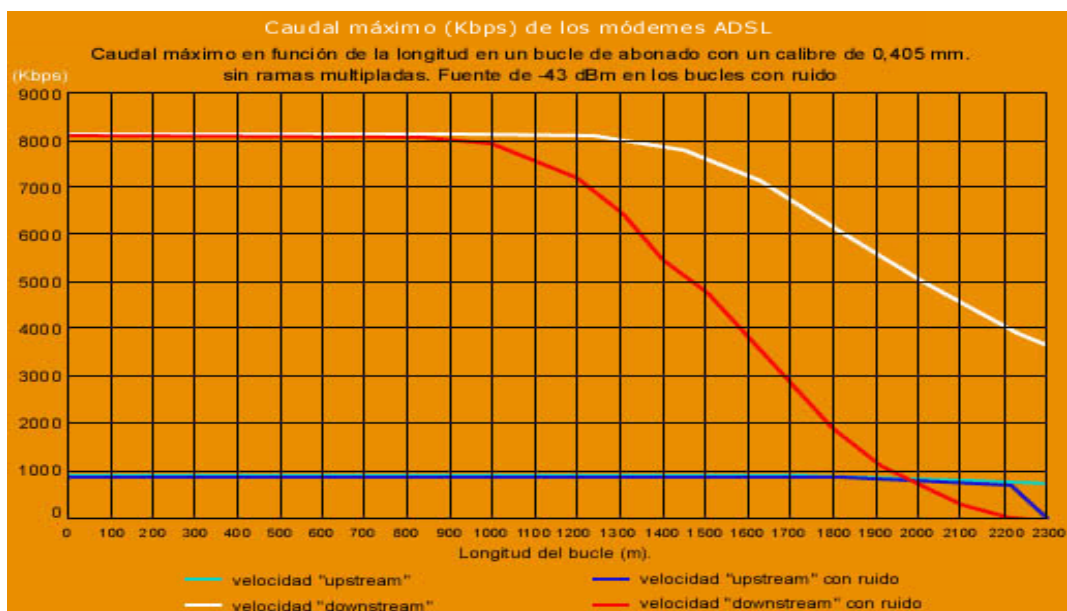
En la figura 28 se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS) y en cambio sí que se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado. En la figura 29 se representa la curva del caudal máximo en Kbps, tanto en sentido ascendente como descendente, que se puede conseguir sobre un bucle de abonado con un calibre de 0.405 mm.

En la figura 29 se representan las curvas con y sin ruido. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación señal/ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C. Hasta una distancia de 2.6 Km. de la central en presencia de ruido, se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0.9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

Las variantes de la tecnología ADSL son: ADSL G.Lite y RADSL. RADSL: *rate* adaptive digital subscriber line, línea de abonados digital de tasa adaptable. Como su nombre lo indica, se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud.

Figura 29. Caudal máximo de módems ADSL



Fuente: Forum ADSL

3.5.1.5 Ventajas y limitaciones

Como ventajas tenemos:

- Ahorro de costos, ya que elimina la necesidad de instalar fibra óptica en el bucle de abonado para suministrar servicios de alta velocidad, por lo tanto, no se requiere trabajos de ingeniería civil para colocar nuevos cables.
- ADSL puede introducirse en base a la demanda por usuario individual; esto es importante a los operadores de la red porque significa que su inversión

en ADSL es proporcional a la aceptación del usuario de servicios de multimedia de altas velocidades.

- Para los nuevos operadores, especialmente los más pequeños, es una interesante oportunidad competitiva, ya que carecen de infraestructuras instaladas.
- Para los usuarios, los servicios ADSL aportan nuevas posibilidades de acceso de alta capacidad para soportar una gran variedad de aplicaciones, desde multimedia a interconexión de lan y acceso a *Internet*.
- Una de las mayores ventajas de ADSL sobre los módem analógicos, RDSI y HDSL reside en su capacidad para proporcionar soporte de servicio telefónico sin impacto alguno en la capacidad de procesamiento de datos. La razón es que ADSL utiliza tecnología de división de frecuencia, permitiendo separar los canales telefónicos de los otros dos canales. Esto garantiza el suministro de un servicio telefónico ininterrumpido incluso cuando falla el suministro de energía del módem ADSL, una posibilidad que no ofrece la mayoría de las soluciones competidoras, incluidas RDSI y HDSL, que aunque pueden efectuar conexiones telefónicas, lo hacen consumiendo 64 Kbps de ancho de banda.

Algunas de las limitaciones son:

- El sistema no es compatible con líneas con servicios especiales, como son RDSI, hilo musical, etc. aunque se están preparando dispositivos para que sean compatibles.
- La distancia desde la central telefónica hasta nuestra casa debe tener un máximo, cuanto mayor sea la distancia menor será la velocidad o incluso no se podrá montar ADSL.
- Aunque las condiciones anteriores se cumplan, quizás no podamos montar ADSL debido a un exceso de interferencias en la línea telefónica.

- Debe contratarse el servicio a la operadora telefónica correspondiente. Esto no sucede con los módems habituales, puesto que basta con conectarlos a la red, sin tener que dar aviso a la operadora.
- Otro inconveniente importante es la saturación de los servidores al conectarse muchos usuarios con ADSL.
- De todas formas, es el propio instalador del sistema ADSL, el que determinará si podemos o no montar un sistema ADSL, existen aparatos especiales que conectados a nuestra línea de teléfono, determinan si se puede o no establecer un sistema ADSL para dicha línea.

Las distintas velocidades que ofrece ADSL son en función de la longitud del cable telefónico y del estado del mismo. Según las características de esta tecnología, para alcanzar las velocidades de 1.5 a 2 Mbps, es necesario que la distancia máxima no sea más de 5.5 Km. entre un módem ADSL y otro. En muchos casos esta circunstancia no será ningún inconveniente, ya que en centros urbanos o periferias de grandes ciudades, es probable que exista una central telefónica con ADSL en una distancia inferior.

Pero puede darse el caso de pequeños pueblos que están separados, unos de otros, 10 Km., por ejemplo, lógicamente, la central telefónica más cercana puede estar separada esta misma distancia y para realizar llamadas de voz o incluso utilizar un módem analógico de 28.8 ó 33.6 Kbps no habrá ningún inconveniente, pero a la hora de decidir el uso de la tecnología ADSL será necesario informarse antes, ya que puede existir la sorpresa de no llegar a alcanzar estas velocidades aún habiendo solicitado este tipo de contratación y lógicamente su precio. A medida que la distancia entre los módems ADSL sea mayor, la velocidad de transferencia será menor.

El segundo factor clave en este tipo de tecnología es el estado del cable. Si una comunicación ADSL trata de sacar el máximo partido al par de cobre, utilizando

como elemento clave el bajo nivel de ruido de la línea, es necesario que éste se encuentre en perfectas condiciones, ya que de lo contrario puede darse el caso de no llegar a alcanzar las velocidades estándar.

3.5.1.6 ADSL frente a RDSI

ADSL puede tener todas las posibilidades de competir y ganar a su más rival competidor RDSI, pero algunos terrenos son más propicios para DSL y otros para la red digital. Ambos tipos de comunicación están orientados a conseguir alta velocidad de transmisión de forma fiable, los dos permiten utilizar un canal para datos mientras se utiliza el otro para voz sobre la misma línea.

Pero la diferencia más importante es que RDSI es un medio de conexión que funciona bajo la conmutación de circuitos, mientras que ADSL es un tipo de conexión punto a punto. Esto quiere decir que si queremos realizar una conexión con nuestro proveedor de *Internet*, utilizando RDSI, debemos realizar el marcado de un número telefónico que a través de una central nos encaminará hasta el dispositivo receptor. El mismo caso ocurriría si lo que deseamos es llamar a la red de nuestra empresa.

Utilizando un módem ADSL, la conexión que existe es permanente, es decir no es necesario realizar ningún tipo de marcado para lograr el acceso a *Internet*. Este tipo de conexión denominado punto a punto tiene la ventaja de que el ancho de banda que existe entre el módem receptor de la llamada, instalado en la central telefónica y el nuestro no es compartido por ningún otro usuario. En la central telefónica deben de existir tantos módems ADSL como líneas para este uso tengan en esa área metropolitana, estando todos estos módems enlazados mediante un conmutador *ethernet*, un *router* o un conmutador ATM, que a su vez tenga una conexión con una línea de alta velocidad a *Internet*. De esta

forma es posible tener nuestro ordenador conectado de forma permanente a *Internet* por una cantidad fija de dinero.

Lógicamente uno de los puntos fuertes de ADSL es su velocidad, ya que es 15 veces mayor que la RDSI, utilizando dos canales (128 Kbps), aunque esta vez RDSI tiene varios puntos a favor a través de un módem ADSL no es posible llamar a la red de nuestra empresa, ya que la conexión que tiene es permanente con otro módem ADSL instalado en la central. Por ello si se desea conectar con otros servidores o incluso mandar un fax, debemos de hacerlo a través de un módem tradicional. En el caso de una línea RDSI esta posibilidad sí es viable, este tipo de conexión digital ofrece mucha mayor calidad a la hora de enviar voz, mientras que de un módem ADSL se extrae la habitual línea de voz de un sistema telefónico. Otra ventajas de RDSI es su independencia de la distancia donde se encuentre el módem receptor de la llamada.

Tabla VI. Comparación entre ADSL y RDSI

Característica	RDSI	ADSL
<i>Velocidad máxima</i>	128Kbps	2Mbps
<i>Dispositivo</i>	Adaptador de red	Adaptador ADSL
<i>Tecnología</i>	Digital	Digital
<i>Canal para voz</i>	Analógico	Digital
<i>Disponibilidad</i>	Universal	Según ubicación

Es caso de un fallo en el fluido eléctrico la comunicación a través de RDSI queda interrumpida ya que no existe alimentación para el terminal del abonado. En cambio, la tecnología ADSL, permite poder seguir utilizando el canal de voz aún habiendo un fallo del fluido eléctrico, a pesar de que el canal de datos quede inoperativo.

3.5.2 VDSL

VDSL: *Very high rate digital subscriber Line*. La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías XDSL, ya que puede llegar a alcanzar una velocidad de entre 6 y 51 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1.5 a 2.3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica.

La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1,371 metros. Es la tecnología ideal para suministrar señales de TV de alta definición.

Figura 30. Arquitectura VDSL.

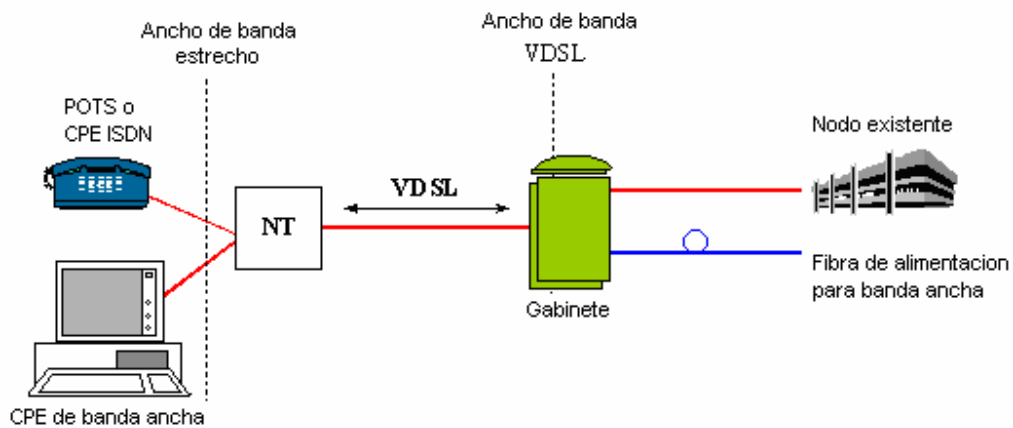


VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y las premisas. El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local.

Aunque es muy probable que ADSL se convierta en el más utilizado en pocos años, su uso apunta al suministro de servicio banda ancha al hogar sobre cableados POTS, sobre distancias relativamente grandes (5.5 Kms sobre cable 25 AWG). Por otro lado VDSL operará sobre distancias mucho más cortas y suministrará rangos de datos mucho más grandes. VDSL es utilizado junto con

una red de fibra óptica, la fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales. VDSL es una evolución natural de ADSL para aumentar la tasa de *bits* y usarlo a mayor ancho de banda.

Figura 31. Instalación VDSL.



Aunque el estándar VDSL aún no ha sido concluido, se estima que esta tecnología se proporcionará en las conexiones desde la red de fibra óptica a los clientes. Las velocidades (desde la red al cliente) proyectadas alcanzarán 1/12, 1/6 y 1/3 de la velocidad de *SONET*.

Al igual que las otras tecnologías XDSL, VDSL provee un canal de flujo hacia abajo y un canal de flujo hacia arriba. El canal de flujo hacia abajo posee usualmente un rango de *bit* mucho más alto. Esto es apropiado para las clases de aplicaciones que las tecnologías XDSL utilizarán para proveer un alto rango de flujo de datos dentro del hogar.

3.5.2.1 Velocidades

Las tasas de bajada son submúltiplos de *SONET* y SDH de 155.52 Mbps, normalmente 51.84 Mbps, 25.92 Mbps y 12.96 Mbps. Las tasas de subida

están bajo discusión; están entre rangos generales, 1.6, 2.3 y 19.2 Mbps y la distancia es igual que las de bajada.

Tabla VII. Tasas de bajada vdsl

12.96 – 13.8 Mbps	1500 metros
25.92 – 27.6 Mbps	1000 metros
51.84 – 55.2 Mbps	300 metros

Como ADSL, VDSL puede transmitir *video* comprimido, para detectar tasas de errores compatibles con *video* comprimido, VDSL tendrá incorporado FEC con un intervalo suficiente para corregir todos los errores producidos por el ruido.

VDSL es muy similar a ADSL, pero con un más alto rango de datos. ADSL tiene que enfrentar algunos problemas que el concepto de VDSL elimina. Estos incluyen los largos rangos dinámicos que ADSL tiene que tratar y las grandes distancias. Por estas y otras razones, el diseño de ADSL se hace más complejo que VDSL. Los operadores de telecomunicaciones han apuntado que el costo es un requerimiento importante. Por esto VDSL será menos complejo y así menos costoso.

3.5.2.2 Ancho de banda

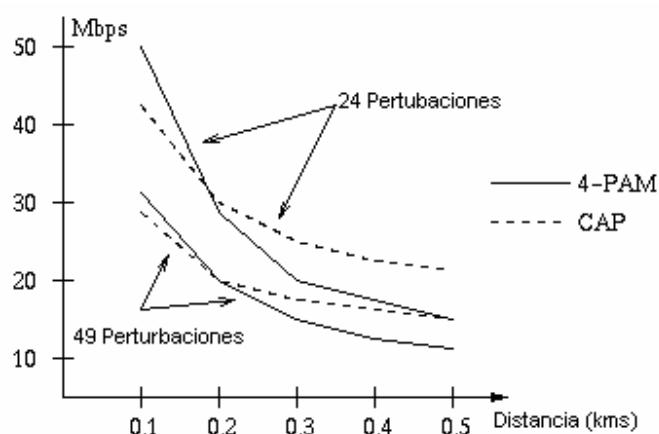
Un aspecto de la especificación VDSL que está siendo estudiado es el ancho de banda del sistema. Si el código de línea utilizado CAP, entonces el ancho de banda del sistema mapea directamente algún valor para un rango de símbolo. El rango del *bit* es dado por el tipo de QAM utilizado.

El ruido en el canal impone un límite sobre el rango del símbolo y los *bits* por símbolo que pueden ser utilizados. Un estudio realizado en GTE asume un sistema asimétrico, con un radio de 10:1 en los rangos de datos (flujo hacia

abajo / flujo hacia arriba). En este escenario, el modelo de ruido asumido toma en consideración principalmente el hablado cruzado (*crosstalk*) *far-end* (*fext*). Esta fuente de ruido es una consecuencia del acoplamiento capacitivo entre diferentes pares trenzados en un mismo cable multipar. Otra importante fuente de ruido presente en este medio es el ruido Gaussiano, con una altura espectral de dos lados de -140 dBm/Hz. La interferencia radiofrecuencial (RFI) es también tomada en cuenta, aunque no está claro como cuantificar su impacto sobre la línea de transmisión.

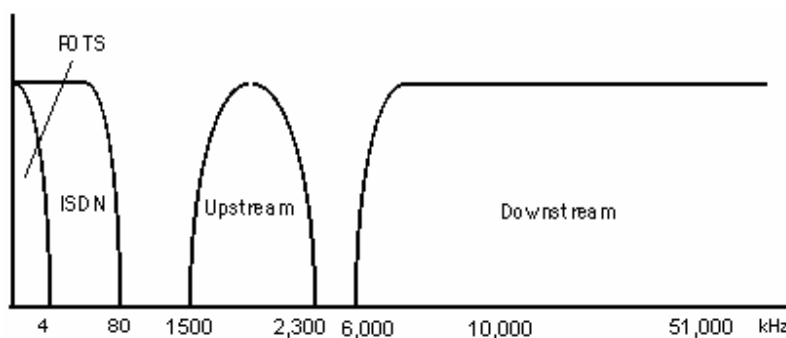
Se considera dos implementaciones de VDSL que utilizan CAP y PAM respectivamente. La escogencia de PAM tiene la ventaja que este esquema de transmisión banda base hace uso de bandas de frecuencia baja, las cuales están menos sujetas al ruido (atenuación y *crosstalk*). Por otro lado, CAP puede permitir utilizar POTS o ISDN simultáneamente con VDSL. En la figura 32 se muestra una comparación de la capacidad de transmisión de VDSL usando CAP y PAM.

Figura 32. Comparación de la capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL



El número de perturbadores es el número de pares trenzados en el mismo cable multipar que pueden estar interfiriendo uno a otro si portan también señales VDSL. En la figura 33 se muestra la distribución del ancho de banda en VDSL.

Figura 33. Distribución ancho de banda en VDSL.



3.5.3. HDSL

HDSL es: *Hight Data Rate Digital Subscriber Line*, Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto. La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

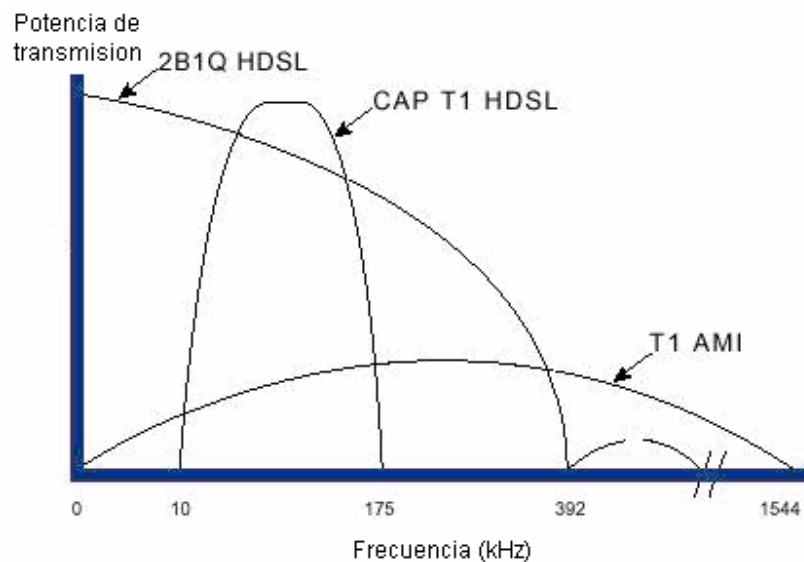
La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 1.544 Mbps (full duplex) utilizando dos pares de cobre y 2.048 Mbps sobre tres pares, aunque la distancia de 4,500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL. Hay dos opciones diferentes para el código de línea recomendadas, la modulación por amplitud de pulso 2B1Q y CAP. CAP es aplicable para 2.048 *Mbits/s*, mientras que para 2B1Q están definidas dos tramas diferentes.

Las compañías telefónicas están encontrando en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio (fibra óptica).

3.5.3.1 CODIGO DE LINEA

El estándar 2B1Q para 2.048 *Mbits/s* proporciona una transmisión duplex sobre un par simple y una transmisión paralela sobre dos o tres pares. Esto permite la distribución de los datos en varios pares y la reducción de la tasa de símbolos para incrementar la anchura de la línea o la distancia de transmisión. CAP se define para uno o dos pares solamente y 1.544 *Mbits/s* con 2B1Q solo para dos pares.

Figura 34. Comparación de los espectros de frecuencias de HDSL y T1 AMI.



También existe la posibilidad de emplear un sólo par, en cuyo caso se pueda transmitir solo 15 canales de 64 kbps. Sin embargo, las interfaces externas de la HTU-C y la HTU-R siguen siendo de 2.048 *Mbps* de acuerdo a las normas

G.703/G.704 del ITU-T. Para soportar la atenuación y posibles disturbios que se presentan en la línea, HDSL emplea una sofisticada técnica de ecualización adaptativa. Esto quiere decir que en todo momento se tiene respuesta a la frecuencia que presenta el canal.

3.5.3.2 Ancho de banda

HDSL parte de una técnica de transmisión que amplía un ancho de banda estrecho como el del cobre para trabajar en el rango de los multimegabits. Esta tecnología implica en principio, transmitir en full dúplex por dos pares telefónicos una cantidad igual de tráfico de *bits* por medio de líneas privadas no condicionadas.

HDSL plantea la solución de la ingeniería de comunicaciones, la compensación continúa de la señal, a través de considerar las condiciones existentes en el cable por donde se transmite la información. Así la técnica crea un modelo matemático del cable de cobre que permite al sistema de transmisión compensar las distorsiones originadas en el medio. La técnica hace que los 2.048 Mbps lleguen al cliente a través del dispositivo HDSL y de ahí que la trama se divida en dos, una por cada par de cobre. Al llegar la señal al otro extremo se reensamblan las dos señales y se restituyen los 2.048 Mbps con la estructura de trama completa. Esto pudiera hacer a la técnica menos tolerante al ruido, sin embargo en el uso de la ecualización adaptativa se tienen resueltos dos aspectos: reducir el ancho de banda en el cobre por una parte y compensar las señales por defectos en la transmisión.

3.5.3.3 Aplicaciones y ventajas

Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable a redes de transporte digital para RDSI, redes satelitales y del tipo *Frame Relay*.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Cada empresa puede tener requerimientos diferentes, orientados al uso de líneas privadas de fácil acceso y obtención para que con productos de tecnología HDSL se puedan obtener soluciones de bajo costo y alta efectividad.

Son variadas las aplicaciones y van desde realizar enlaces E1 para interconectar redes locales lan a lan en ambientes diversos, para conectar PBX a PBX, como extensión de enlaces digitales E1, como enlace remoto de videoconferencia y suministrador de enlaces de voz y datos digitales en general.

El Campo T1 / E1 es la primera aplicación del HDSL para las redes privadas. La tecnología ha sido usada por portadores durante algún tiempo como una manera rentable de extender líneas T1.

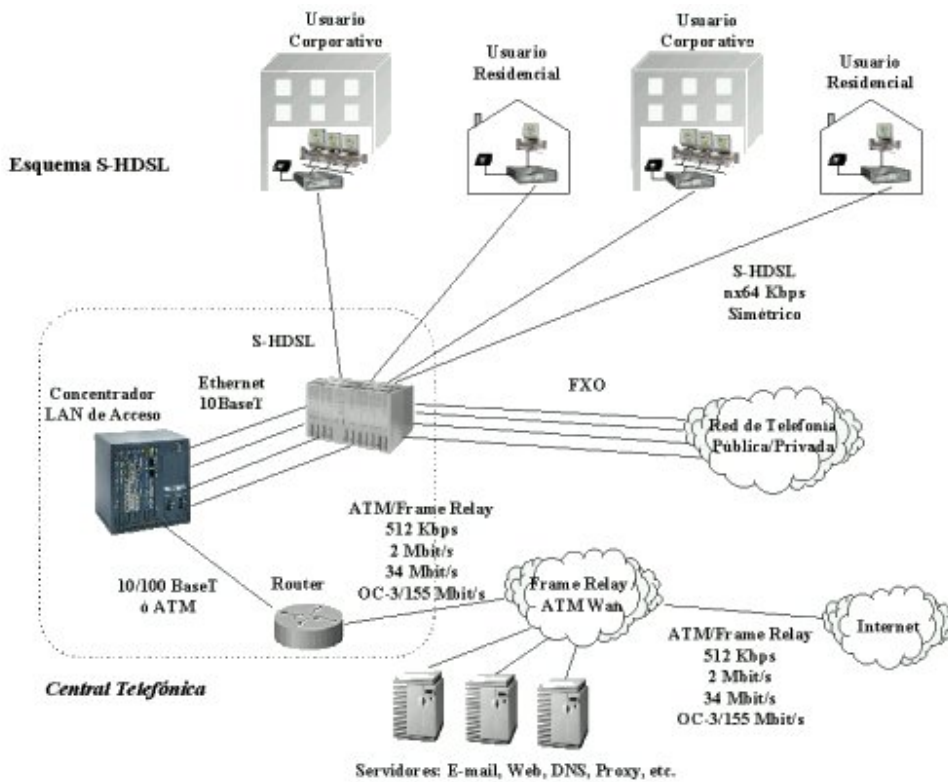
Entre las ventajas podemos mencionar: disminuye el coste y el tiempo necesarios para la instalación de las líneas T1/E1, permite ampliar el alcance cambiando el tipo de cable (podemos pasar de 3.6 Km. con un cable de cobre de 0.5 mm, a distancias mayores de 7 Km. con cables de mayor diámetro), el algoritmo digital adaptativo de procesamiento de la señal empleado por HDSL proporciona una calidad de transmisión mucho mayor que la que se consigue con las líneas T1/E1, la instalación de HDSL no requiere nuevas infraestructuras ni reacondicionar las ya existentes, HDSL se puede implantar en el 99% de las líneas de par trenzado ya instaladas.

3.5.4 HDSL2 o SHDSL

HDSL2: *Es high data rate digital subscriber line* y S-HDSL: *single-pair high-bit-rate digital subscriber line*, línea de abonados digital de índice de datos alto

sobre un par, está diseñada para transportar señales T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre.

Figura 35. Red HDSL2



HDSL2 ofrece los mismos 1.544 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un simple par de cobre.

HDSL2 espera aplicarse en Norte América solamente, ya que algunos vendedores han optado por construir una especificación universal de G.shdsl.

3.5.5 SDSL

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3,048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL. Esta norma se encuentra aún en la fase de desarrollo.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que esté cargando o descargando información de la *web*, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad. SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1.5 Mbps. y a una distancia máxima de 3,700 m a 5,500 m desde la oficina central, a través de un único par de cables. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la *web*.

3.5.6 MSDSL

MSDSL: es *multirate symmetric* DSL, más allá de los 144 kbps de ancho de banda de IDSL, hay nuevas tecnologías que ofrecen rangos entre 128 Kbps y 2.048 Mbps. Para una aplicación simétrica, MSDSL ha surgido como una tecnología valorada en los servicios TDM. Construida sobre un par simple de la tecnología SDSL, MSDSL soporta cambios operacionales en la tasa del transceiver y distancias con respecto el mismo.

IDSL – IDSL-BA

IDSL: Línea de Abonados Digital ISDN. Esta tecnología es simétrica, similar a la SDSL, pero opera a velocidades más bajas y a distancias más cortas. ISDN se basa el desarrollo DSL de ascend communications.

IDSL se implementa sobre una línea de ISDN y actualmente se emplea como conexión al *Internet* para la transferencia de datos. El servicio de IDSL permite velocidades de 128Kbps o 144Kbps.

El acrónimo DSL era originalmente usado para referirse a una banda estrecha o transmisiones de acceso básico para Redes de servicios integrados digitales (ISDN-BA).

Los módems ISDN-BA emplean técnicas de cancelación de eco (EC) capaces de transmitir full duplex a 160 *kbit/s* sobre un simple par de cables telefónicos. Los transceivers ISDN-BA basados en cancelación de eco permiten utilizar anchos de banda de 10 Khz. hasta 100 Khz. y esto es instructivo para notar que la densidad espectral más alta de capacidad de los sistemas DSL basados en 2B1Q.

La carga útil de DSL está integrada usualmente por 2 canales B o canales bearer o mensajeros momentáneos de 64 *kbit/s* cada uno más un 'D' (delta) o canal de señalización de 16 *kbit/s*, el cual puede a veces ser utilizado para transmitir datos. Esto da al usuario un acceso de 128 *kbit/s* más la señalización (144 *kbit/s*). Un canal extra de 16 *kbit/s* está preparado para un EOC o canal encajado de operaciones, intentando intercambiar información entre la línea terminal y el nodo terminal NT. El EOC normalmente no es accesible para el usuario.

Varios millones de líneas ISDN-BA han sido instaladas por todo el mundo y la demanda de líneas ISDN empieza a ser significativa especialmente para la alta demanda en conexiones de *Internet* con velocidades muy elevadas.

Diferencias entre IDSL y RDSI:

- RDSI era tarifada antiguamente por tiempo de uso, mientras que IDSL ofrece tarifa plana (coste único independientemente del tiempo de conexión).
- IDSL permite estar siempre conectado mientras el ordenador está encendido, mientras que para RDSI es necesario establecer conexión telefónica mediante marcación.
- IDSL es un servicio dedicado para cada usuario, al contrario que RDSI.

3.5.8 G.SHDSL

G.shdsl es un estándar de la ITU el cual ofrece un conjunto de características muy ricas, por ejemplo tasas adaptables y mayores distancias que cualquier estándar actual. Un nuevo estándar que sustituirá a SDSL.

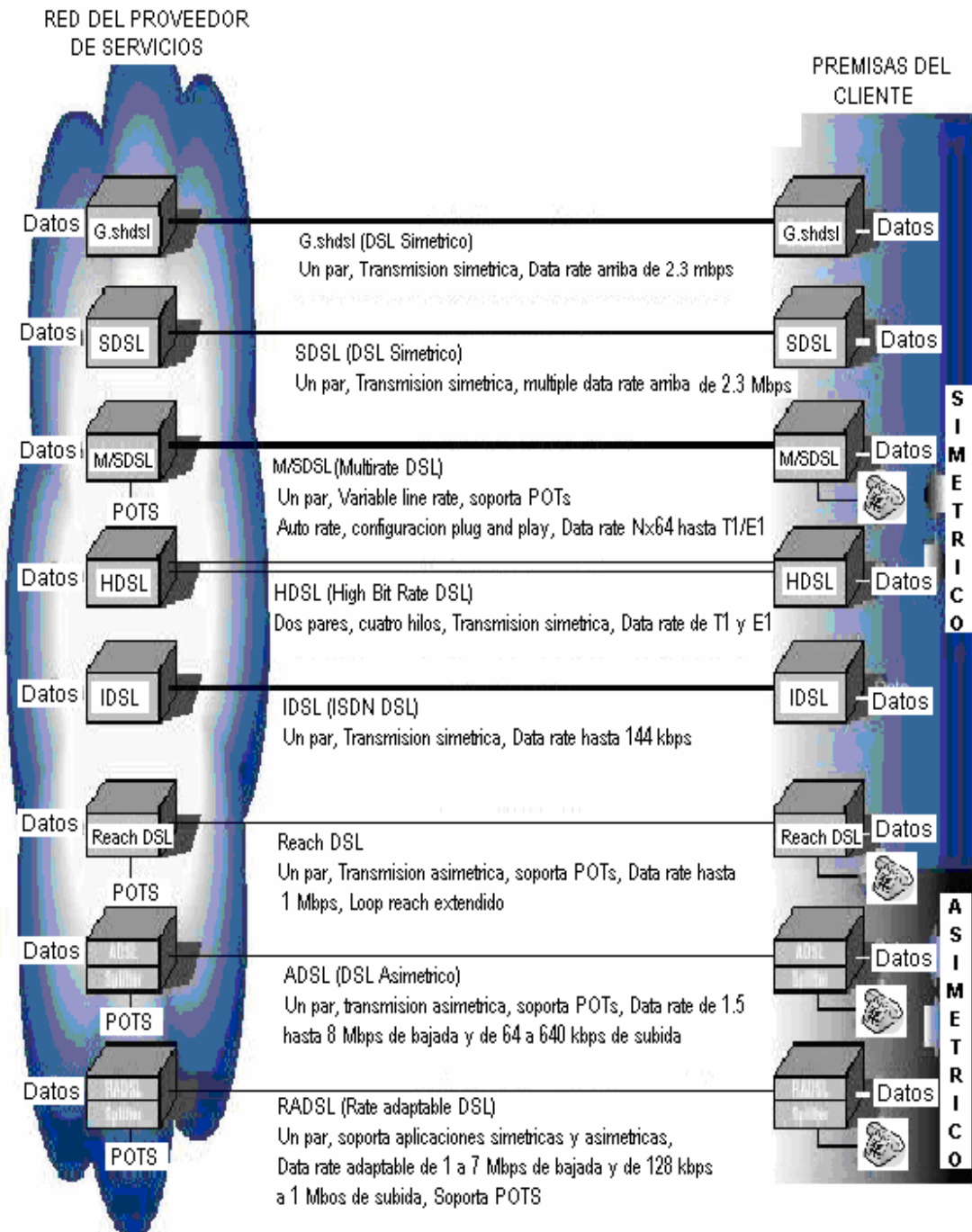
Este método ofrece anchos de bandas simétricos comprendidos entre 192 Kbps y 2.3 Mbps, con un 30% más de longitud del cable que SDSL y presenta cierta compatibilidad con otras variantes DSL. G.shdsl se espera aplicarse en todo el mundo.

G.shdsl puede negociar el número de tramas del protocolo incluyendo ATM, T1, E1, ISDN e IP. G.shdsl está solicitado para empezar a reemplazar las tecnologías T1, E1, HDSL, SDSL HDSL2, ISDN e IDSL.

3.5.9 Tablas comparativas

3.5.9.1 Características de algunas técnicas DSL

Figura 36. Características de cada tecnología XDSL.



3.5.9.2 Comparación de velocidad, distancia y aplicaciones

Tabla VIII Comparación de velocidad, distancia y aplicaciones

Tecnología	Descripción	Velocidad	Limitaciones de la distancia	Aplicaciones
IDSL (ISDN-BA)	ISDN línea del suscriptor digital	128 kbps	5.5 kms. en 24 AWG	Similar al ISDN BRI pero solo para datos (No voz en la misma línea)
HDSL	Línea de abonado digital de índice alto de datos	1.544 Mbps full duplex (T1), 2.048 Mbps full duplex (E1) utiliza 2 o 3 pares	3.6 kms. en 24 AWG 4,500 mts.	Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, interconexión mediante PBX, <i>frame</i> relay , extensión de Lans
SDSL	Línea de abonado digital simétrica	1.544 Mbps full duplex (T1) (USA y Canadá), 2.048 Mbps full duplex (E1) (Europa) utiliza 1 par	3.6 kms en 24 AWG	Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, servicios interactivos y Lans
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica	1.544 a 6.1 Mbps de bajada y de 16 a 640 kbps de subida	5,847 mts. (3,658 mts para velocidades mas rápidas)	Acceso a Internet, <i>video</i> de baja demanda, servicios telefónicos tradicionales
VDSL (BDSL)	Línea de abonado digital de tasa muy alta	De 6 a 51 Mbps de bajada y 1.5 a 2.3 Mbps de subida	305 a 1,371 mts.	Igual que ADSL mas TV de alta definición
RADSL	Línea de abonado digital de tasa adaptable	De 640 kbps a 7 Mbps de bajada y 128 kbps a 1.088 Mbps de subida	Se ajusta de manera dinámica a las condiciones de la línea y su longitud	Es espectralmente compatible con voz y otras tecnologías DSL en el bucle local
ADSL G.LITE	Splitter less DSL	De 1.544 a 6 Mbps, dependiendo del servicio contratado	5.5 kms en 24 AWG	Sacrifica velocidad para no tener que instalar un splitter en la casa del usuario
Ether Loop	Ether Loop	1.5 y 10 Mbps.		Propiedad de Nortel
G.SHDSL	G.shdsl	Entre 192 kbps y 2.3 Mbps sobre un par de cobre	3.952 mts en 24 AWG	Compatible con otras variantes DSL, puede negociar el número de tramas del protocolo, incluyendo ATM, T1, E1, ISDN e IP.
HDSL 2	DSL de índice alto de datos 2 sobre un par	T1 a 1.544 Mbps. Sobre un par de cobre		

3.5.9.3 Banda de frecuencias y tasas de *bits*

Tabla IX. Banda de frecuencias y tasas de *bits*

Técnica	Banda Frecuencias	Tasa de <i>Bits</i>
ISDN 2B1Q	10 Hz – 50 Khz.	144 kbps
ADSL sobre POTS	25.875 Khz. - 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
ADSL sobre ISDN	138 Khz. - 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
HDSL 2B1Q (3 pares)	0.1 Khz. - 196 Khz.	2 Mbps
HDSL 2B1Q (2 pares)	0.1 Khz. - 292 Khz.	2 Mbps
HDSL CAP (1 par)	0.1 Khz. - 485 Khz.	2 Mbps
<i>SDSL</i>	10 Khz. - 500 Khz.	192 kbps a 2.3 Mbps
<i>VDSL</i>	300 Khz. - 10/20/30 MHz	Hasta 24/4 DS/US, y hasta 36/36 en modo simétrico

3.6 Calidad de servicio (QoS)

Una de las primeras arquitecturas desarrolladas por el IETF para ofrecer calidad en el servicio ha sido la de servicios integrados (*IntServ*), basada en el protocolo de reservación de recursos (RSVP). Posteriormente el IETF propuso otra arquitectura basada en Servicios diferenciados (*DiffServ*) la cuál puede soportar calidad en el servicio de forma escalable y además ofrecer una variedad de servicios de extremo a extremo a través de múltiples y separados dominios de administración. Las RFC 2474 y 2475 definen los elementos fundamentales de trabajo de la arquitectura de servicios diferenciados.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en ATM se contemplan diferentes categorías de servicio como *CBR*, *VBR-rt*, *VBR-nrt*, *UBR*, *ABR*, *GFR*, y *UBR+* (*UBR* con MDCR), con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada *VCC*. De este modo, además de definir múltiples

circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

La categoría de servicio más difundida para los servicios de datos es UBR, la cual no especifica parámetros de QoS o de tráfico. Las aplicaciones que no son de tiempo real no tienen gran necesidad de estos parámetros. Sin embargo, debido al impacto potencial de la congestión, muchos prefieren tener un mínimo de ancho de banda garantizado disponible para su uso. Esto se logra con las categorías *GFR* o *UBR+*. La especificación *UBR* original no incorpora mecanismos para tratar la congestión, que ha sido incorporado en muchos productos y en el estándar *UBR+*.

Con el modelo IP/ATM se superpone una topología virtual de enrutadores IP sobre una topología real de conmutadores ATM aprovechando para ello los circuitos virtuales del nivel ATM. Con esto se deduce que para garantizar un camino óptimo del tráfico en la red, es necesario garantizar la existencia de circuitos virtuales ATM entre todos los enrutadores que se encuentran conectados al núcleo ATM (malla total). Esto es sencillo de lograr en redes que cuentan con pocos conmutadores ATM, pero cuando aumenta el número de los mismos, se presentan graves problemas de escalabilidad.

El empleo de los protocolos IP sobre ATM presenta ventajas y desventajas. Las ventajas fundamentales radican en el poder aprovechar el mayor ancho de banda y velocidad de transporte de la infraestructura ATM.

Entre los inconvenientes del modelo IP/ATM tenemos:

a) Es necesario gestionar dos redes diferentes, una física ATM y otra lógica IP, esto es provocado porque la integración de los niveles 2 y 3 se realiza

manteniendo las dos redes separadas y presentando discontinuidades. Este esquema provoca mayores costos en los sistemas de gestión así como las dificultades de no contar con una red de gestión integrada.

b) Se produce una sobrecarga aproximada del 20% provocada por el transporte de los datagramas IP sobre las celdas ATM. Esto provoca una reducción proporcional del ancho de banda disponible. Para lograr un enrutamiento óptimo, cada vez que un nuevo *router* se agrega al núcleo de la red wan, es necesario establecer un circuito virtual entre este *router* y todos los demás.

c) Cada *router* necesita establecer intercambio de datos de enrutamiento con todos los enrutadores adyacentes. Si como se vio en el punto anterior, se cuenta con una red totalmente entrelazada (malla), entonces se tendrá intercambio de datos de enrutamiento con cada uno del resto de los enrutadores conectados al mismo núcleo ATM. Esta configuración provoca un gran volumen de tráfico de enrutamiento sobre todos los enlaces, este tráfico no contiene datos finales y no ocupará un volumen del ancho de banda disponible en los enlaces.

d) Resulta muy difícil predecir el volumen de tráfico entre dos enrutadores, especialmente en una red totalmente mallada, por lo que la provisión de calidad de servicio sobre los circuitos virtuales entre enrutadores es complejo. Para simplificar este problema, algunos proveedores de servicios optan por la ausencia de servicio garantizado en los enlaces de la red, por ejemplo, (*UBR*) en redes ATM. Con el despliegue de las redes ATM varias empresas desarrollaron sus propias tecnologías para tratar de resolver los inconvenientes antes expuestos y aprovechar la unión de la alta velocidad

de operación de la tecnología ATM basada en conmutación de la capa de enlace, con el proceso de enrutamiento IP de *Internet* de la capa de red.

Los modelos y parámetros de calidad en el servicio para ATM orientada a la conexión son totalmente diferentes a los definidos para las redes IP sin conexión, sin embargo cuando el tráfico IP necesita ser transportado a través de las redes ATM hay que organizar la calidad en el servicio en la frontera IP-ATM para buscar como preservar la calidad de servicio.

Como IP está presente antes de la capa ATM, se han definido mecanismos QoS/CoS (Calidad de Servicio/Clases de Servicio) IP en dos formas:

3.6.1 Propuesta de arquitectura de servicios integrados (*IntServ*)

Mediante la arquitectura *IntServ*, la cual realiza un mapeo entre los mecanismos QoS *IntServ* (mejor esfuerzo, servicio garantizado y carga controlada) y ATM, como se define en las RFCs 2380 a la 2382. La 2382: es estructura para servicios integrados y RSVP sobre ATM.

Para la aplicación de servicios integrados y RSVP sobre ATM hay que tener en consideración dos áreas distintas

a) Delinear el modelo de servicios integrados en las categorías de servicios y parámetros de calidad en ATM, según la RFC 2381 se muestran en la Tabla X. es decir la interoperación del servicio de carga controlada y servicios garantizados con ATM.

b) Definir el funcionamiento de RSVP sobre ATM. Para ello están definidas las recomendaciones en la RFC 2380, la cual define los requerimientos para la implementación de RSVP sobre ATM

Tabla X. Relación entre las clases de servicios Integrados y de ATM

Clases de Servicios <i>Intserv</i>	ATM
Servicio Garantizado	<i>CBR o rt- VBR</i>
Servicio de Carga controlada	<i>CBR o rt- VBR</i>
Servicio del mejor esfuerzo	<i>UBR o ABR</i>

Las tarjetas ISC (servicio de tarjeta IP) permiten entre otras funciones, manejar el protocolo RSVP y ofrecer servicios integrados. Sin embargo un elemento importante radica en los enrutadores que deben estar en los bordes o frontera de la red. Sin embargo la mayoría de los clientes poseen equipos Cisco de bajo costo que no trabajan con el protocolo RSVP. En este caso la limitante de usar servicios integrados con RSVP en la red no es de escalabilidad, sino de disponibilidad de recursos en los bordes de la misma.

3.6.2 Propuesta de arquitectura de servicios diferenciados (*DiffServ*)

Mediante la arquitectura *DiffServ*, que presenta distintos tipos de servicios como el premium services, con el mecanismo EF (expedited forwarding, reenvío apresurado) y el servicio asegurado, con el mecanismo AF (assured forwarding, reenvío asegurado), pero que no tiene definido un mapeo ATM específico, pero se han venido realizando importantes trabajos para lograrlo en el grupo de trabajo del forum ATM y por otros investigadores.

La arquitectura de servicios diferenciados es diferente a la de servicios integrados donde hay que realizar una reserva previa del canal. En la arquitectura de servicios diferenciados los paquetes se clasifican sólo en el dispositivo de acceso a la red y cuando estos están dentro de la red es en este momento cuando recibirán un trato distinto dependiendo del contenido del

encabezado. Este tipo de servicios sólo entiende a cerca de agregaciones no de flujos, esto quiere decir que se van a aplicar diferentes comportamientos dependiendo de a que agregación pertenezca dicho paquete.

Hay una diferencia entre las formas de calidad en el servicio soportada por ATM y la soportada por los servicios diferenciados (*DiffServ*). ATM ofrece explícitamente un número finito de clases de servicio con una consistente garantía de los parámetros de calidad en el servicio de extremo a extremo, tales como retardo máximo y razón de pérdida. Mientras que los servicios diferenciados no tienen clases, pero respaldan comportamientos por saltos (PHB) bien definidos que pueden ser utilizados como bloques constructivos para conformar un servicio.

De ahí que se diga que los servicios diferenciados propugnan dos tipos de servicios: a) Servicios con absoluta garantía y b) Servicios con tratamiento diferenciado.

3.6.2.1 Servicios con absoluta garantía

La organización de servicios con absoluta garantía puede ser conformada a partir de definir un comportamiento por saltos de reenvío expedito (EF PHB), donde se proporcionan servicios con pérdidas, latencia y variación de retardo de valores bajos y ancho de banda garantizado. En otras palabras, equivalentes a los de una línea dedicada virtual o bien a los servicios de calidad garantizada del modelo de servicios integrados. El EF PHB se define como un tratamiento de reenvío en el que la velocidad de salida de cada nodo debe ser superior o igual a una velocidad configurable. El tráfico EF debe recibir esta velocidad independientemente de la intensidad de cualquier otro tráfico en la red. Su valor medio, medido en un intervalo de tiempo igual o superior al

tiempo de transmisión del mayor paquete (MTU, unidad máxima de transmisión) debe ser igual o superior a la velocidad configurada. Este servicio se denomina también Premium y solo tiene un nivel de calidad (un DSCP único, 101110), por lo que puede ser fácilmente organizado sobre un núcleo ATM utilizando el servicio CBR.

3.6.2.2 Servicios con tratamiento diferenciado.

La organización de servicios con tratamiento diferenciado puede ser constituida a partir de definir un comportamiento por saltos de reenvío asegurado (AF PHB) con diferentes prioridades (denominadas oro, plata y bronce) en una red de servicios diferenciados (*DiffServ*). Esto permite también que un proveedor de un dominio DS pueda ofrecer diferentes niveles de seguridad de reenvío a los paquetes IP recibidos de un cliente. En esencia, este comportamiento por saltos (PHB) está relacionado fundamentalmente con la importancia de los paquetes, en el sentido de que los paquetes más importantes son los que deben tener una probabilidad más baja de descarte.

En principio AF PHB puede tener N clases con M niveles de prioridad de descarte cada una. En la especificación actual, N=4 y M=3. Ahora bien, no es obligatorio implementar las 4 clases y asimismo, una implementación con 2 prioridades de descarte puede ser aceptable, especialmente en los casos en que las situaciones de congestión no sean frecuentes. Tales servicios diferenciados pueden ser organizados en una red ATM utilizando *UBR* diferenciados de forma tal que se establecen tres circuitos virtuales (VC) entre dos dispositivos IP-ATM. Donde a cada circuito virtual (VC) con una razón de *bit* no especificada (*UBR*) le ha sido asignada un BCS diferente.

El dominio *Diffserv* debe cumplir con la arquitectura actual y futura, para ofrecer servicios diferenciados y contar con nodos de red que pueden desempeñar funciones de:

- Nodos extremos DS que clasifican y establecen las condiciones de ingresos de los flujos de tráfico.
- Nodos Internos DS que realizan limitadas funciones de acondicionamiento de tráfico, como remarcado de DSCP.
- Servidor de Políticas (PDP) o Distribuidores de ancho de banda (BB), este se encarga de la distribución de las políticas de la red, determinadas en los acuerdos de nivel de servicios (SLA) concertados entre proveedor y cliente.

3.6.3 Clases de Servicio (CoS)

La clasificación de los paquetes de calidad de servicio IP, es por medio de la tarjeta de servicios IP(ISC), permite ofrecer servicios diferenciados. La diferenciación de servicios se brinda a través de la clasificación de los servicios en las colas de salida para cada clase de servicio, utilizando un circuito virtual independiente para cada interfase, cada circuito virtual se asocia con uno o más clases de servicios (CoS).

Existen ocho niveles de CoS los cuales se enumeran del 1 al 8 de mayor a menor prioridad, del 1-8 son usados para tráfico de datos y el CoS 2 para el control de tráfico. La clasificación de los paquetes es aplicada a las cadenas de paquetes IP, mediante un método de clasificación de paquetes configurable en cada interfase de servicio:

Clasificación de circuito virtual de ingreso: Este es el método de clasificación por defecto. Al paquete se le asigna el menor CoS asociada con el circuito virtual de ingreso. Este usa hasta un máximo de 4 circuitos

virtuales en cada interfase. Cada circuito virtual se asocia con uno o más CoS. En el ingreso por defecto los paquetes son clasificados con la menor prioridad de CoS asociada con el circuito virtual de ingreso y se debe configurar diferentes parámetros de tráfico en cada circuito virtual de forma independiente.

Clasificación de la interfase de servicio: En la clasificación de la interfase de servicio todos los paquetes que arriban a una interfase le son asignados el valor del CoS de la interfase. El valor de clase de servicio por defecto es ocho.

Clasificación de la interfase de servicio DSCP: La clasificación de los paquetes es basada en los *bits* de cabecera IP, DSCP. La clasificación de los paquetes ocurre en el ingreso solamente, en la salida se soporta la remarcación de los paquetes DSCP lo cual se puede habilitar o deshabilitar en cada interfase. Por defecto esta deshabilitado.

Se pueden configurar en la tarjeta de interfaz ISC diferentes parámetros de tráfico para permitir la diferenciación de servicios por cada circuito virtual, por lo que cada CoS es asociado a una categoría de servicio en tráfico ATM, tal como se muestra en la tabla XI.

Tabla XI. CoS para CV y categoría de servicio

CoS para circuitos virtuales	Categoría de servicio
CoS 1 y CoS 2	rt-VBR
Cos 3 y CoS 4	Nrt-VBR
CoS 5, 6 y 7	UBR

4. TELEVISION SOBRE IP

4.1 Introducción

Los sistemas de *video* IP se están volviendo un ofrecimiento habitual de los proveedores de servicios *triple play*, convirtiéndose en la llave del mercado para clientes residenciales y de negocios. Mantener una buena calidad de *video* y un aceptable tiempo de cambio de canal es esencial para la satisfacción del cliente y lograr con ello que adopten el servicio. Mantener un aceptable *delay* en la infraestructura de la red, en el equipo del cliente (CPE) y en el *setup box* (STB) es esencial. Examinaremos los diferentes componentes de la red y como contribuyen para mantener un funcionamiento adecuado en el cambio de canal y la configuración de sesión de *multicast*.

4.1.1 Efectos del *delay* en el *video*

El *delay* puede afectar el rendimiento de la red en varias maneras, entre ellas:

- Configuración del tiempo de la sesión de *multicast*
- Tiempo de *zapping* o salto de canal
- Calidad de *video* y audio

El tiempo de configuración de una sesión de *multicast* es el lapso que se toma desde el momento que un usuario realiza el pedido de un programa, hasta la presentación de la primera imagen del nuevo programa. El tiempo del cambio de canal o *zapping* es el lapso que se toma desde el momento que un usuario requiere un cambio hasta que la primera imagen del otro canal aparece. Esto requiere el permiso y el trabajo de una sesión *multicast*. Al cambio de canal se le conoce también como *zapping* o salto de canal.

La calidad del *video* y audio puede ser degradada si son constantes los *delays* en la red y dan como resultado imágenes distorsionadas y "cuadrículas" así como también distorsión del audio. La calidad de servicio (QoS) en la red necesitará ser tramado para permitir que el *video* tome la prioridad sobre otra clase de tráfico cuando exista congestión en la red

4.2 Red de referencia

En esta sección se identifican y describe el funcionamiento de varios de los componentes de una red de *video* IP.

4.2.1 Componentes

En la parte superior de la figura 37 se ilustra una red de referencia básica de la topología basada en DSL para la distribución de *video* sobre IP. Un verdadero *triple play* (voz, *video* y datos) es la distribución que involucra en un solo *broadcast* IP la entrega a domicilio de *video* sobre demanda, servicio de datos y telefonía IP. Sin embargo para ilustrar el mecanismo de cambio de canal usamos el ejemplo de la televisión sobre IP. A continuación se describe los componentes de la red y los factores potenciales que provocan el *delay*.

Video Broadcast Feed

Emisor de la transmisión de *video*. La típica transmisión de *broadcast* que llega en el súper headend es digital (es decir el contenido entrante es codificado generalmente en el exterior), para poder discutir supongamos que el emisor de *broadcast* de *video* incluye la codificación de señales análogas audiovisuales provenientes de una estación de transmisión análoga. Durante el proceso de codificación, una gran cantidad de información tiene que ser insertada en la salida de los flujos digitales para facilitar la decodificación en el *set-up box* (STB). Las señales análogas son codificadas y frecuentemente la información es insertada, esto determina la rapidez con que puede ocurrir el cambio de

canal en el STB. El esquema básico de la transformación de una señal de vídeo analógico en una señal digital para su envío por una red lan o wan y su posterior visión y grabación se muestra en la figura 38. En la figura 39 se muestra la digitalización de la señal y en la 40 la calidad de la señal dependiendo de la cantidad de *bit* a que se muestree.

Figura 37. Topología de referencia básica de TVoIP y flujo para cambio de canales

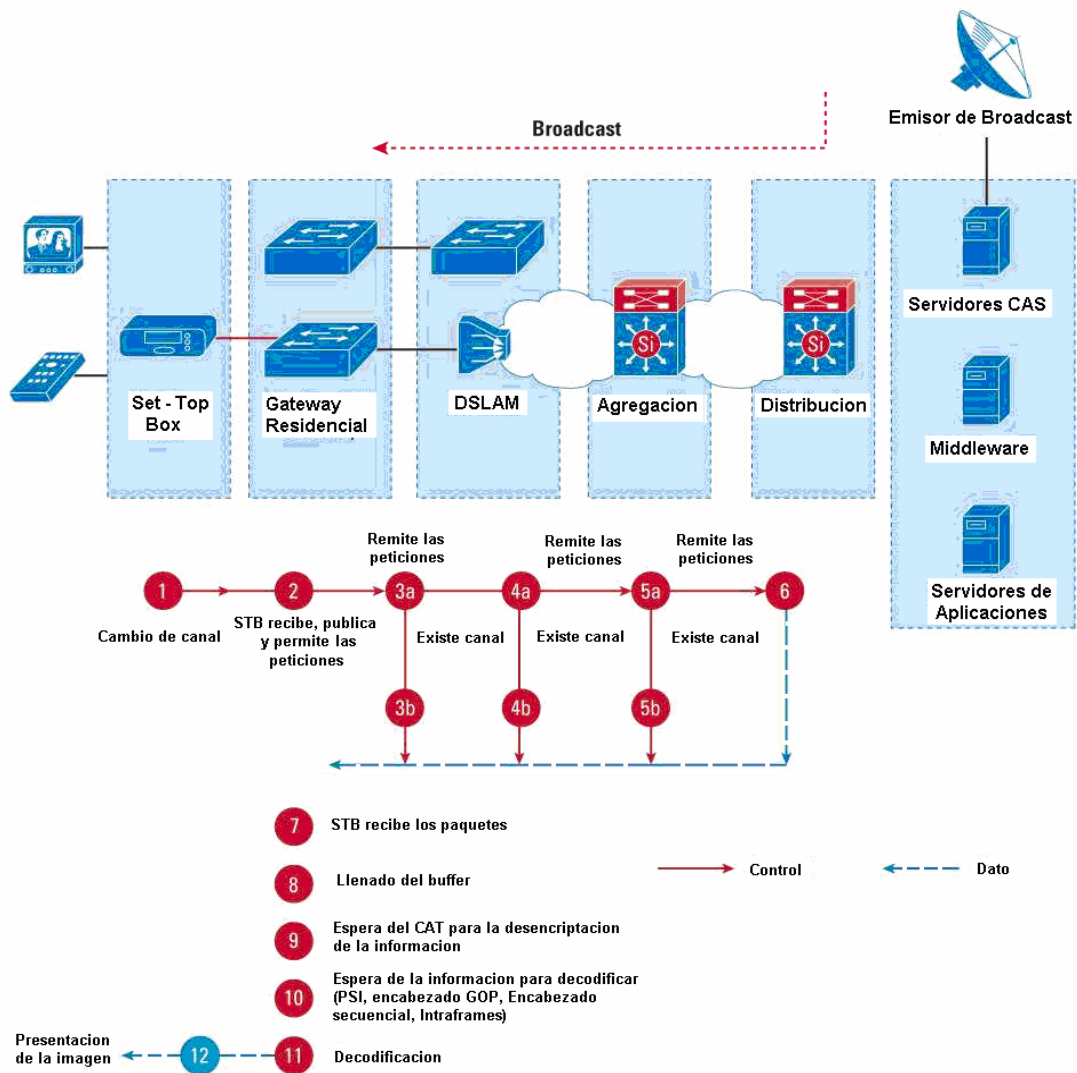


Figura 38. Esquema básico para digitalización de una imagen análoga

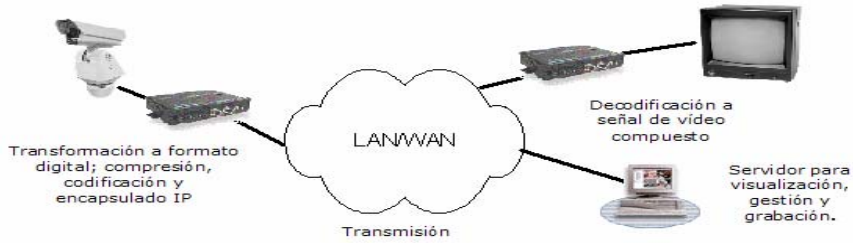


Figura 39. Digitalización de la imagen

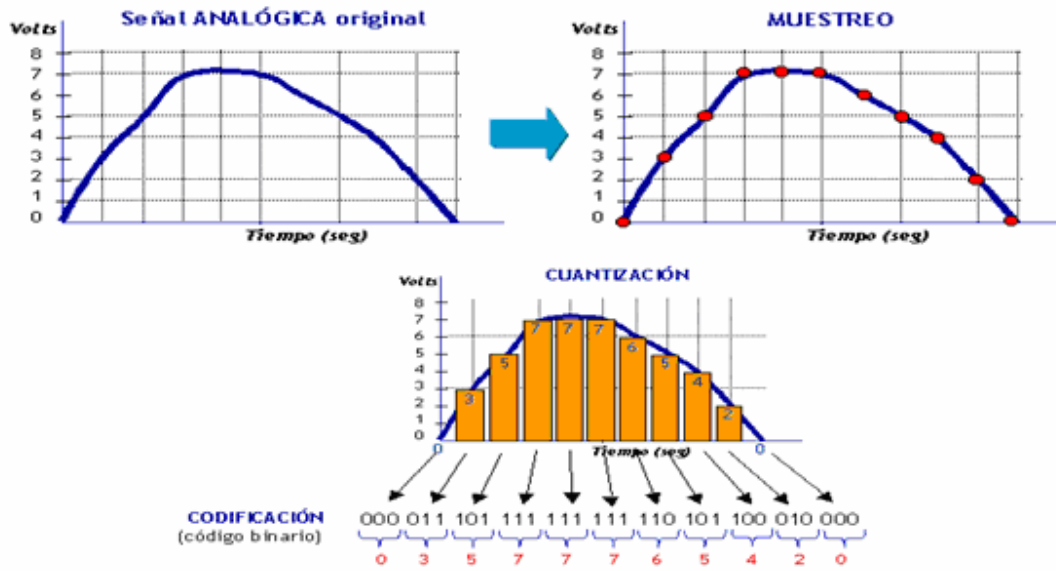
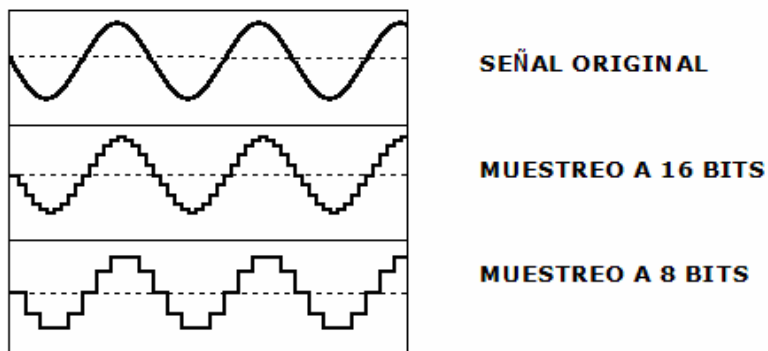


Figura 40. Calidad de la imagen



Servidor de CAS

Para servicios de *multicast* básicos, los flujos pueden ser repartidos "limpios" (sin encriptación) o cifrados (encriptados). La encriptación, en el sistema del servidor de acceso condicional (CAS) es necesaria para distribuir el requerimiento de claves en el STBs. El STB usa claves para desencriptar el contenido con el propósito de obtener el contenido limpio y descifrarlo cuando se necesite. El presionar una tecla en el STB puede determinar cuán rápidamente puede ser desencriptado el contenido y con ello afectar directamente el tiempo de cambio de canal y también el contenido del nuevo canal.

Middleware

La guía de programación electrónica (EPG) provee la información de programas a los abonados, generalmente en un formato tabular. La EPG es cargada del inicializador al STB. Se supone que los datos de la EPG están disponibles para lograr cambiar de canal y con ello garantizar que el *Middleware* no afecte el tiempo del cambio de canal.

Servidores de aplicación

Los servidores de aplicación se necesitan para soportar *triple play* en el ambiente de la red. Incluyen servidores para facturación, aplicaciones de dirección de abonados, etcétera. Tales aplicaciones se consideran generalmente solo administrativas y no deben tener ningún efecto sobre la red.

Router de distribución

El *router* de distribución es el *router* núcleo o el interruptor que generalmente está situado en el head-end, sirve para repartir todo lo tráfico a la nube, incluyendo todos los canales suscritos. Se asume que el *router* de distribución tiene la capacidad de direccionamiento de *multicast* y puede procesar los

pedidos de IGMP. Un diseño de red correcto debe asegurar que los enlaces (velocidades y transmisiones) relacionados con el *router* de distribución sean capaces de soportar el número requerido de canales. Dependiendo de cómo sea configurada la red, los esquemas de direccionamiento de *multicast* pueden poner el *router* de distribución en la ruta crítica cuando calculamos la latencia de enlace y desconexión en la red.

Router de agregación

El *router* de agregación conecta al DSLAM con el *router* de distribución. Se asume que el *router* de distribución tiene capacidad de direccionamiento *multicast* y puede procesar los pedidos de IGMP. Dependiendo cómo es configurada la red, ciertos esquemas de direccionamiento de *multicast* pueden poner el *router* de agregación en la ruta crítica cuando calculamos la latencia de enlace y desconexión. Por ejemplo si los *routers* distribución y agregación son configurados como un punto de reunión donde los abonados hacia abajo obtienen el tráfico de *multicast*, el rendimiento de los *routers* se hace una parte importante de la ecuación de tiempo de enlace y desconexión de la red.

DSLAM

El DSLAM reparte el contenido de la nube de la red a abonados en casa sobre líneas DSL. El Dslam puede informar IGMP y no informar IGMP. Un DSLAM que informa IGMP tiene la habilidad de copiar el tráfico de *multicast* existente automáticamente a un nuevo abonado cuando el canal es suscrito. También debe tener la habilidad de poner fin al torrente de *multicast* apropiadamente cuando la suscripción de canal termina. Por el otro lado un Dslam que no informa IGMP, sólo pasa las solicitudes IGMP a través de el y el tráfico de *multicast* de un lado a otro, hacia y desde la red. El DSLAM tiene un papel importante en el tiempo de cambio de canal, la latencia de enlace y desconexión en la red.

Gateway residencial

La puerta de enlace residencial provee un punto de conexión entre múltiples dispositivos (por ejemplo múltiple STBs y PCs con destino a *Internet*) dentro y fuera de la red. Por ejemplo, supongamos que se incluye el módem DSL en nuestro diagrama de referencia anterior y que el ancho de banda para los dispositivos de casa es la mínima tasa de DSL. Situándonos en la ruta entre un STB y la red, se tiene directamente un impacto sobre la latencia de conexión y desconexión de la red. Un largo *delay* impuesto por IGMP es molesto para el requerimiento de enlazar y desconectar el tráfico hacia abajo. El tiempo del cambio de canal será mas largo.

Set-Top Box

STB es la caja de cambio de canal, es la interfaz directa para el abonado. Para facilitar el cambio de canal, el STB envía un pedido de información IGMP, desconectando el canal antiguo y solicitando enlazar el nuevo canal por medio de IGMP. El rendimiento del sistema del STB, descifra los flujos entrantes e indudablemente tiene un papel importante en determinar el cambio de canal.

Televisión

La televisión puede ser considerada un elemento pasivo, cuando no se esta cambiando canal. Simplemente presenta la idea y el sonido a los abonados. No debe tener un impacto directo en el *zapping*.

4.2.2 Configuración de la red

Dependiendo como este configurada la red se puede determinar cuán rápidamente puede ocurrir el cambio de canal. Las diferentes configuraciones indican como los componentes están contribuyendo al flujo de programas al STB. Al minimizar las cantidades de saltos que tienen que realizar las

solicitudes IGMP para enlazar y desconectar, se logra que sea más breve el tiempo de cambio en la red, enlazado el nuevo canal más rápido. En general hay dos etapas de la distribución de la señal por medio de *multicast*: (1) Paso de distribución de la señal al *router* de distribución, (2) Paso de la distribución de la señal al *router* de agregación.

4.2.2.1 Paso 1: distribución de la señal al *router* de distribución

El emisor de transmisión es el que siempre inyecta el tráfico de *multicast* en la red. El *router* de distribución puede ser el punto en la red donde los canales son inyectados de *multicast*. Aquí, todos los canales están disponibles. Cuando un canal es suscrito de un nodo hacia abajo el *router* de distribución envía el tráfico de canal al *router* de agregación. El gestor de información personal de modo escaso funciona manteniendo el ancho de banda dentro de la misma red, por lo tanto, solo cuando hay una necesidad el tráfico de *multicast* tomará el espacio en la red de núcleo o distribución. Una desventaja es un desenlace más largo. Sin embargo, se mantiene un tiempo promedio de enlace, la desventaja es aplicable solamente a un canal "recién" donado. Por ejemplo, si alguien ya está mirando CNN y el tráfico de *multicast* de CNN ya está disponible al *router* de agregación (asumiendo que el *Proxy* soporta IGMP), la solicitud de enlace tiene que alcanzar solamente el *router* de agregación y no el *router* de distribución.

4.2.2.2 Paso 2: distribución de la señal al *router* de agregación

La alternativa es tener el *multicast* accesible en el *router* de agregación ya que esta más cercano al abonado. Esto puede ser conseguido poniendo un archivo con todos los canales de *multicast* conectados con la distribución al dispositivo de agregación. El beneficio es que las veces de enlace son más breves que con el método anterior. La desventaja es que el ancho de banda es tomado por el tráfico para canales que no están siendo mirados por alguien. En resumen se

tiene que considerar tener la latencia de enlace más breve y el uso más eficiente del ancho de banda de la red.

4.3 Funcionamiento del cambio de canal

En un ambiente tradicional análogo CATV, cambiar canales es un paso rápido y relativamente simple. Al presionar un botón, el STB ordena al tuner que capte una diferente frecuencia. Una vez la señal es bloqueada, la imagen puede ser procesada en *hardware* y vista en la pantalla de TV. En el mundo de *video* sobre IP, las cosas son un poco más complicadas.

La Figura 37 ilustra algunos de los pasos que tienen que ocurrir en el proceso de cambio de un canal. Alguno detalles puede variar en diferentes distribuidores pero el esquema casi siempre es el mismo.

4.3.1 Enlace de un nuevo canal

Los siguientes eventos tienen que ocurrir para cambiar de canal, empezado cuando el abonado presiona el control remoto, observe la figura 37. Enfoquemos primero en adquirir un nuevo canal:

1. El control remoto envía una señal de cambio de canal al STB.
2. El STB recibe la señal de cambio de canal, procesa el comando y publica la solicitud de enlace y desenlace en IGMP en la red
3. El dispositivo de puerta de enlace residencial (RG) ve el pedido de enlace de IGMP.
 - A. Para una compensación del RG, enviaría el pedido completo de IGMP.
 - B. Sin embargo, si el RG informa IGMP y si el nuevo canal ya existe en el RG (por ejemplo, otro miembro en la misma familia ya está mirando el mismo canal en un diferente STB, pero a través del mismo RG), el RG puede empezar a copiar el nuevo flujo de canal al STB que lo requiere. Al mismo tiempo, intercepta el enlace.

4. Cuando el DSLAM recibe los pedidos de enlace de IGMP, hay dos opciones.
 - A. Si el DSLAM no tiene función de *Proxy* de IGMP, las solicitudes de IGMP pasarán a la red completamente; Es trabajo de los *routers* suministrar el tráfico hacia arriba.
 - B. Para un DSLAM inteligente que tiene función de *Proxy*, si el tráfico del grupo de *multicast* para ese canal ya existe en el DSLAM (es decir alguien en el vecindario ya está mirando el mismo canal), realmente no hay necesidad de enviar el enlace y partir, excepto por propósitos de monitoreo. El DSLAM sólo puede interceptar el pedido de enlace de IGMP y copiar el tráfico existente al puerto del abonado. Si el canal no se ha suscrito, la solicitud de enlace debe ser enviada al *router* de agregación lo antes posible.
5. Cuando el *router* de agregación recibe un pedido de enlace de IGMP, otra vez hay dos opciones:
 - A. Si la solicitud es requerida para un nuevo canal suscrito (es decir el requerimiento de *multicast* en el trafico no está disponible en el *router* de agregación en absoluto), la solicitud de enlace será enviada al *router* de distribución.
 - B. Si el tráfico de canal pedido ya existe en el *router*, el tráfico es copiado al puerto de salida.
6. La fuente de *multicast* alimenta al *router* de distribución con todos los canales siempre. Cuando un pedido de enlace entra, el *router* de distribución sólo tiene que empezar a copiar el flujo de *multicast* correcto hacia el puerto de salida.
7. De los pasos más arriba, el STB debe poder adquirir los canales necesitados con éxito. Los paquetes para el canal suscrito empezarán a fluir directamente a la interfase *ethernet* y terminarán al final en la RAM del STB.
8. Una de las cosas críticas al trabajar *video* sobre IP es lograr amortiguar los paquetes para remover los *jitter* impuestos por la red. En este paso, el STB acumula los datos entrantes en su memoria intermedia hasta un umbral

determinado, donde puede empezar el proceso de descodificación de datos. El tamaño del buffer de *jitter* depende del fabricante.

9. Si el flujo es mezclado en la fuente (antes de ser repartido a la red), las claves son necesarias para los propósitos de descifrar. Estas claves son repartidas periódicamente por canal como información en la tabla de acceso condicional (CAT) en los paquetes de flujo de transporte a cada STB, al mismo tiempo que los nuevos datos de canal. Cuando el STB es afinado al nuevo canal podrá recibir tales claves, por consiguiente, empieza el proceso de descifrado sobre los mismos datos.

10. Además, en el orden que se empieza a descifrar y construir el flujo de imagen, mucha otra información será necesaria y esta disponible periódicamente. A continuación se enlista algunas clases de información:

A. *Intraframes*: son las únicas tramas que contienen suficiente información para descifrar y reconstruir una imagen completa. La información viene periódicamente (Por ejemplo de 0.5 a 4 o 5 segundos, dependiendo de la codificación; esto puede ser un período fijo o variable). El decodificador tiene que esperar los primeros *intraframes* después de cambiar a un nuevo canal antes de que una nueva imagen pueda ser presentada en la pantalla de *video*.

B. Encabezados GOP: las tramas y paquetes son llamados en grupos de fotografías (GOP). Cada GOP tiene un encabezado que incluye la información de fecha útil para el decodificador.

C. Encabezados de secuencia: uno o más GOP forman una secuencia. El encabezado de secuencia contiene la información necesaria para la descodificación, como el tamaño de fotografía, de la trama, etc.

D. Encabezado de información PES: El encabezado de información de flujo elemental paquetizado (PES) contiene la información como una identificación (es usado para demostrar si las tramas PES que siguen son MPEG, audio o *video*). El decodificador del STB puede usarse para que el documento de

identidad de flujo de PES dirija los flujos a los bloques de descodificación correctos.

E. Programa de información específica: Lleva el mismo transporte de flujo esto es el programa de información específica (PSI) como la tabla de mapa del programa (PMT) y la tabla de acceso de programa (Pat). Juntos, PMT y Pat constituyen un guía de programa en miniatura que suministra punteros sobre cómo ubicar los flujos MPEG y audiovisuales correctos.

11. Después de deducir toda la información necesitada del flujo entrante, el STB empieza el proceso de descodificación.

12. Y así la primera imagen del nuevo canal puede ser presentada al usuario.

4.3.2 Desconexión del canal anterior

Los anteriores pasos son la mitad del proceso del cambio de canal. El flujo de *video* del canal anterior tiene que ser finalizado. Esto puede se consigue al terminar *multicast* del flujo audiovisual basados en los pedidos de desenlace de IGMP enviados junto a los requerimientos hechos a los STBs. Son tres lugares donde la terminación del flujo de canal anterior puede ocurrir:

- Si el RG tiene una función de *Proxy* de IGMP, debe reconocer el pedido de permiso del STB y tomar las acciones apropiadas. Termina el flujo de *multicast* al STB y si no hay ningunas otros STBs en la familia que se suscribe al mismo canal, envía la solicitud de desenlace de IGMP arriba al DSLAM. Si el RG no tiene función de *Proxy* de IGMP, sólo debe enviar el pedido de desenlace de IGMP lo antes posible.
- Si los DSLAMs pueden soportar la función de *Proxy* de IGMP, el pedido de desenlace de IGMP da como resultado la terminación del flujo de *multicast* correcto lo antes posible. Si no soporta IGMP el diseño de DSLAM indica que cada uno de los flujos de *multicast* del STB es atribuido a una fuente del *router* de agregación y por lo tanto el DSLAM debe enviar la solicitud de

desenlace de IGMP inmediatamente al *router* de agregación para terminar desde allí el flujo.

- Si todos los demás dispositivos (RG, DSLAMs) soportan IGMP, el *router* de agregación debe poner fin al flujo cuando se lo piden.

4.3.3 Factores que afectan el tiempo de *zapping* y la calidad

Podemos ver del análisis anterior, que el proceso de *zapping* de canal está involucrado en todo. Existen cuatro categorías de factores.

- Codificación
- Encriptación (cuando aplica)
- Implementación del STB
- Diseño de la red

4.3.3.1 Codificación

El proceso de codificación de *video* tiene un gran impacto en el tiempo de *zapping*. Por ejemplo, en el nivel de MPEG - 2, frecuentemente las imágenes de *video* son codificadas, los *intraframes* determinan cuán larga es la decodificación en el STB y si deben esperar una decodificación de trama completa después de cambiar a un nuevo canal. La misma cosa también es aplicable a la información de encabezamiento de secuencia, el GOP y el encabezado PES, respecto al programa de información específica en el flujo de transporte. Toda esta información es insertada en los flujos en diferentes niveles del protocolo en los períodos de tiempo fijos o variables, cuando el STB cambia a un nuevo canal, todos estos pedazos de información tienen que ser recibidos antes de empezar cualquier decodificación. Por lo tanto, acortar el tiempo *zapping*, es importante para insertar la información hacia arriba con más frecuencia.

La industria se inclina a conseguir una mejor compresión, destinada a tener tasas de *bit* más bajos para los flujos de *video*, para que la información sea enviada más lejos.

Como un ejemplo, si miramos un flujo de transporte de MPEG-2, podemos ver que los *intraframes* ocurren típicamente cada 15 tramas, es decir, cada 0.5 segundos para ATSC; para MPEG-4 / AVC o WM9, que han mejorado la compresión y tasas de *bit* hacia bajo, los *intraframes* pueden ser observados por separado por mucho tiempo, como a cada 4 o 5 segundos.

4.3.3.2 Encriptación

Los canales de *multicast* pueden ser desmodulados o cifrados para proteger los derechos de autor. Es función del STB demodular el canal para hacer eso requiere una clave. La información de la clave se presentada en forma de CAT y es llevada en el flujo de transporte como los datos de *video* y audio. Si a menudo está presente en el flujo de transporte también CAT determina cuán rápidamente se consigue desenscriptar el contenido cuando cambia a un nuevo canal el STB.

4.3.3.3 Implementación de STB

El diseño del STB tiene un gran impacto sobre el rendimiento del cambio de canal. Uno de los factores más perceptibles es el diseño del buffer de *jitter*. Entre mas grande es el buffer de *jitter* es mejor la calidad de *video* y puede ayudar desde allí a toda la red. Sin embargo, entre mas grande es el buffer es mayor el tiempo que se tarda para llenarlo con un nuevo flujo, por lo tanto, el decodificador tiene que esperar mas tiempo para empezar. Los otros factores como la arquitectura de *software* de STB y la implementación de equipo físico también tienen un papel importante.

4.3.3.4 Red

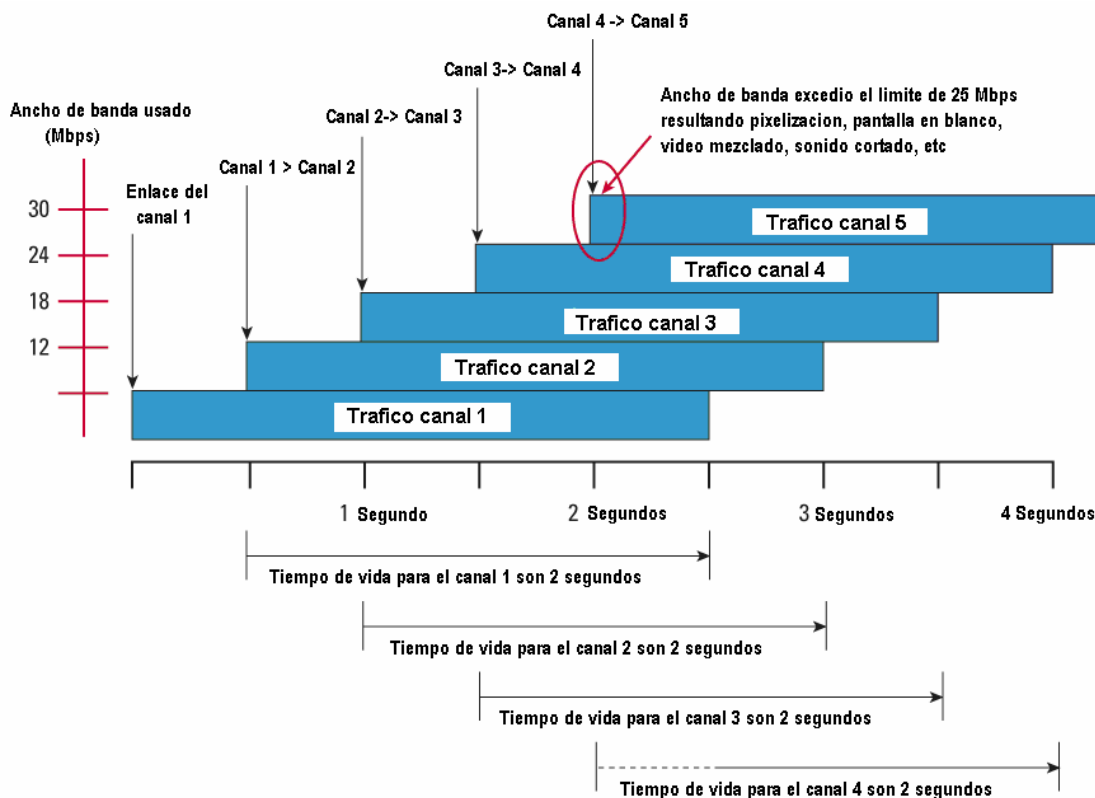
Los componentes de la red son los que reparten flujos de *multicast* en última instancia a los STBs. Las consideraciones del diseño deben incluir el método de IGMP que deben usar (v2 y v3), así como el tipo de *multicast* que el protocolo de direccionamiento usó (PIM-SM, PIM-DM, etcétera) y la ubicación del punto de inyección de *video*. Además, usar características de IGMP como el permiso rápido, el *Proxy* de IGMP y *snooping* IGMP puede ser beneficioso cuando se optimiza la red de *multicast*. Por consiguiente, los tiempos de respuesta para los pedidos de enlace de *multicast* deben ser optimizados tanto como sea posible para minimizar la latencia de la red al repartir el nuevo flujo al STB.

Igualmente de importante es el tiempo de latencia de los permisos IGMP. Los enlaces largos pueden resultar como visualización lenta de nuevas imágenes del canal. La razón de desenlazar los canales anteriores en un momento oportuno logra que no se acumulen flujos múltiples. Entonces, si el ancho de banda total excede la capacidad de DSL, los paquetes pueden ser perdidos y el nuevo flujo de canal puede estar retrasado y causar que el buffer se desborde y el STB tenga como resultado una demora final.

Este puede ser ilustrado en el siguiente ejemplo. Suponga que usted tiene una línea de DSL en casa y el usuario es su típico cambio, cambia canales rápidamente aproximadamente a un canal por 0.5 segundo. Supongamos que el usuario está mirando un programa de difusión sobre una red IP en definición de nivel de MPEG-2 (*bit rate* aproximado de 6 Mbps). Cuando el usuario se desplaza por los canales, las solicitudes de enlace y desenlace son iniciadas para cada canal. Si la latencia de enlace es breve (digamos insignificante, por el bien del ejemplo) y la latencia de desenlace es larga (diga 2 segundos, un número anormal en una puesta en práctica de IgmPV2), puede resultar la

situación ilustrada en la figura 41 Aquí el ancho de banda es usado rápidamente y podría existir una pantalla en blanco, pixelización y *video* mezclado.

Figura 41. Efectos de pequeños tiempos de enlace



4.4. Mejorando el tiempo de zappig

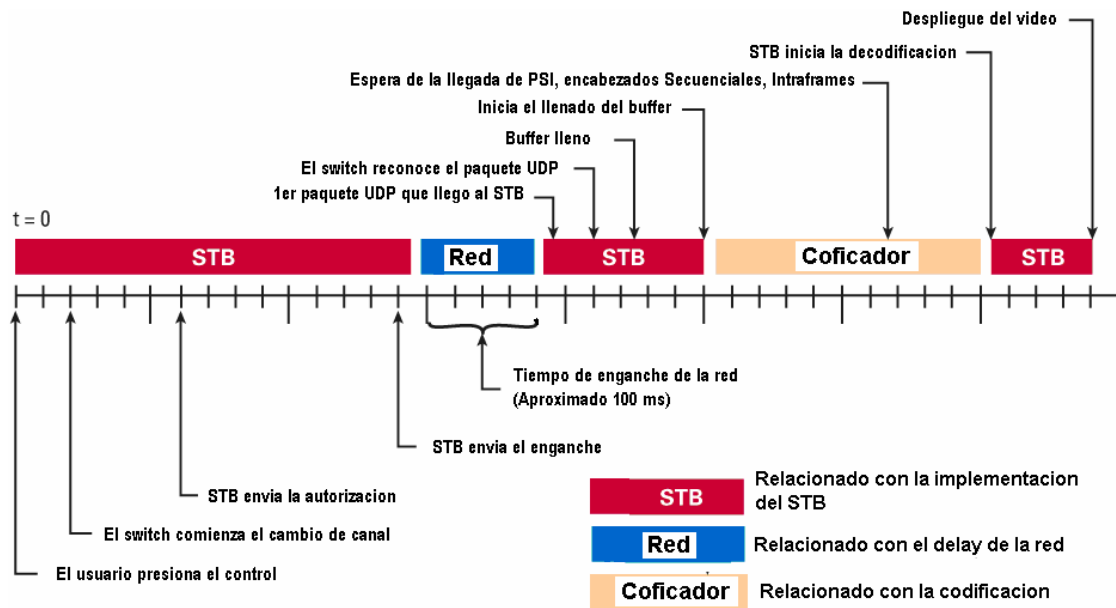
Muchos de los factores vienen al momento de hacer clic al botón de cambio de canal, la latencia en la red es probablemente la causa de más *delay*. La mayor parte del *delay* es tratado en el STB y es donde los flujos de *video* son codificados. La figura 42 ilustra varios eventos que ocurren dentro del STB y dentro de la red desde un punto de vista cualitativo.

4.4.1 Codificación

Una parte importante del tiempo del *delay* en un cambio de canal es gastada en esperar la información del flujo entrante, como *intraframes*, PES, los

encabezados GOP, las tablas PSI, etcétera. Acelerar a que ocurran los encabezados y el programa de información específica en el flujo puede ayuda a reducir el tiempo de cambio canal.

Figura 42. STB, red y eventos de codificación



4.4.2 Encriptación

Los sistemas de encriptación causan *delay* al cambiar de canal porque el STB tiene que esperar la tecla de descrambling correcta antes de llevar a cabo la descryptación. Con la puesta en funcionamiento de sistema en curso, las teclas están disponibles en el mismo flujo como el nuevo canal, aunque podríamos tener que incrementar la frecuencia de la información de CAT en el flujo de transporte.

4.4.3 Implementación de STB

El buffer de *jitter* es probablemente el factor que mas afecta el tiempo de cambio de canal con respecto a la implementación de STB. Para mejorar tiempo de *zapping*, se necesita hacer una memoria mas pequeña para reducir

el tiempo de llenado de la memoria y lograr con ello que el tiempo real sea mal utilizado. Esto incrementará el riesgo de degradar la calidad audiovisual, habrá menos márgenes para los errores de *jitter*. Para resolver esto, debemos tomar un amplio sistema que enfoque realmente y que optimice el actuar del *jitter* al otro lado de la red como sea posible. Se requiere de una solución que incluya QoS en la red, SRC como servicios diferenciados (*DiffServ*).

Otros factores que pueden afectar el tiempo de *zapping* son el rendimiento de CPU, del sistema y la implementación de equipo físico de decodificación y *software*. La arquitectura de *software* de sonido puede ser otra llave. El uso eficiente de los esquemas de interrupción, la organización de memoria y un buffer mejorado son algunas de las cosas que pueden proporcionar una importante mejora en el cambio de canal.

4.4.4 Diseño de red

Como se menciono anteriormente los porcentajes más grandes del *delay* vienen en la implementación del STB, en los métodos de codificación y otros factores, esto sin tomar en cuenta el diseño de la red. Sin embargo, usted puede reducir el tiempo de enlace y desconexión de la red en conjunto considerando los siguientes factores.

4.4.4.1 Tiempo de desconexión en la red

El rendimiento del tiempo de desconexión puede resultar en una degradación inaceptable de la calidad de *video* y/o audio. Los flujos de canal antiguos pueden ser terminados en posiciones múltiples durante todo el sistema; la llave es que un flujo tiene que ser terminado rápidamente antes de que llegue al tubo más angosto, concretamente a la línea de DSL. Por lo tanto, la funcionalidad y el rendimiento del DSLAM son las consideraciones importantes.

Para una configuración óptima, cada uno de los componentes de la red (incluyendo *router* de distribución, *router* de agregación, DSLAM y RG) deben soportar una pequeña y rápida desconexión para un óptimo funcionamiento. Para suministrar una rápida y verdadera desconexión los nodos de los abonados deben estar bien sincronizados. Por ejemplo, el switch debe soportar la característica llamada rendimiento explícito del usuario (*Explicit Host Tracking*, EHT), que guardan el rendimiento del flujo hacia abajo que actualmente tiene el grupo de *multicast*. Cuando una solicitud de desconexión es recibida por los switch, estos quitan la anotación de caché relacionada con ese anfitrión, por lo tanto, eficazmente cortan con el tráfico de *multicast* a ese anfitrión inmediatamente.

La funcionalidad de EHT es implementada en un *router* o *switch*, permitida por IGMP. Si el DSLAM no tiene la funcionalidad de rápida desconexión debe pasar los requerimientos de IGMP al *router* de agregación tan rápido como sea posible. En cuanto al RG, la llave para respaldar la desconexión rápida es pasar los pedidos de desconexión de IGMP en el momento oportuno.

4.4.4.2 Tiempo de enlace en la red

La clave para mejorar el tiempo de respuesta del enlace de un sistema es diseñar la red de manera que la función del proveedor del tráfico de *multicast* este tan cerca del usuario como sea posible. En la práctica, por supuesto, debemos poner el proveedor de tráfico de *multicast* más lejos hacia abajo que el *router* de agregación probablemente, porque también tenemos que evitar malgastar el ancho de banda sobre canales que son mirados rara vez. Por ejemplo, si nadie está mirando el canal XYZ durante el día, no debemos mantener el árbol de *multicast* por todo el camino hasta el DSLAM y malgaste 6 Mbps de ancho de banda en la red. Por otro lado, si el ancho de banda interno en la red no se usa, poner los árboles de *multicast* por todo el camino hasta el

DSLAM es una gran manera de mejorar la latencia de tiempo de enlace del canal.

Para suministrar que la latencia del tiempo de enlace sea breve se debe tener el canal de *multicast* estáticamente disponible al *router* de agregación. De esta manera, el *router* puede cumplir el pedido de enlace de IGMP hacia abajo.

Si el ancho de banda interno es un recurso escaso, podemos considerar tener el tráfico de *multicast* estáticamente disponible en el *router* de distribución y proporcionar un tráfico *multicast* dinámico en el *router* de distribución cuando sea requerido. La latencia de enlace es más larga en otras configuraciones. Sin embargo, mantener en memoria del *router* de agregación sirve a miles de familias; por consiguiente, cuando un abonado une un canal del STB, las posibilidades son buenas que uno o más de lo miles de personas en el vecindario podría estar mirando el mismo canal y la solicitud de enlace necesitará viajar solo al STB (o al DSLAM, dependiendo de la ubicación de los abonado). La regla 80/20 es usada por la industria, 80 % de las personas miran 20 % de los canales, es por esto que éste enfoque es apropiado.

Además de la consideración de direccionamiento de *multicast* anterior, es también importante guardar en memoria la implementación de QoS para redes que soportan *triple play*. Esto puede asegurar la buena calidad en *video* y entrega de audio, pero también puede ayudar acelerar el tiempo permitido de enlace del canal.

4.5 Algoritmos de compresión y codificación

Los sistemas en la actualidad permiten que un usuario acceda a una gran cantidad de información de distinta naturaleza, vídeo, audio y datos. Para que el sistema sea eficiente y no se llegue a una saturación del espectro, se emplean

métodos de compresión de la información. A su vez estos métodos permiten detectar y corregir errores en la transmisión. El método más utilizado en los sistemas es el MPEG-2, pues es el método de compresión de audio y vídeo por excelencia.

4.5.1 Compresión de imágenes sin pérdidas

Cuando un conjunto de datos se comprime, se espera que la descompresión subsiguiente produzca el dato original exacto. El tipo de esquema de compresión donde los datos comprimidos se descomprimen a su forma original exacta se llama compresión sin pérdidas y está desprovisto de pérdidas o degradaciones de los datos. Se han desarrollado una gran variedad de esquemas de compresión de imágenes sin pérdidas. Los más usuales son: codificación de longitud fija, codificación de longitud variable (codificación Huffman y codificación aritmética), codificación de planos de *bits*, codificación por longitud de series y la codificación predictiva sin pérdidas.

4.5.2 Compresión de imágenes con pérdidas

La compresión de imágenes con pérdidas involucra la eliminación de datos de la imagen. Sin embargo, la imagen primero se transforma a otra y entonces se suprimen partes de ella. Los métodos de transformar y suprimir datos de la imagen son lo que distingue los diferentes esquemas de compresión de imágenes con pérdidas. La gran ventaja de los esquemas de compresión con pérdidas es la característica que tienen de comprimir una imagen con un factor de compresión más alto que los esquemas de compresión sin pérdidas. Se han desarrollado muchos esquemas de compresión de imágenes con pérdidas. Las más importantes son: codificación por truncamiento, codificación predictiva con pérdidas, codificación por transformación.

4.5.3 Clasificación algoritmos de compresión

Esta clasificación incluye transmisión de imágenes completas y diferencia entre imágenes. La transmisión de imágenes completas son: JPEG, MJPEG y *WAVELET*. La transmisión de diferencia entre imágenes son: H261, H263, MPEG1, MPEG2, MPEG4-2, MPEG4-10 (H.264).

4.5.3.1 Transmisión de imágenes completas

4.5.3.1.1 Compresión JPEG

El estándar JPEG se utiliza principalmente para compresión de imágenes fijas. Sin embargo, numerosas aplicaciones han usado la técnica también para compresión de *video*, porque proporciona descompresión de imagen de calidad bastante alta a una razón de compresión muy buena y requiere menos poder de cálculo que la compresión MPEG (Grupo de expertos de cuadros en movimiento). JPEG emplea un esquema de compresión con pérdidas basado en la codificación por transformación. El estándar JPEG define tres sistemas diferentes de codificación:

- Un sistema de codificación básico, con pérdidas apropiado para la mayoría de las aplicaciones de compresión. Es la utilizada para vídeo
- Un sistema de codificación extendida, para aplicaciones de mayor compresión, mayor precisión o de reconstrucción progresiva. Se utiliza para proporcionar decodificación parcial rápida y poder apreciar la imagen antes de que se descomprima totalmente. No es útil para vídeo.
- Un sistema de codificación independiente sin pérdidas, para la compresión reversible. No se utiliza para vídeo ya que proporciona razones de compresión demasiado altas

4.5.3.1.2 Compresión MJPEG

Un vídeo no es más que una sucesión de imágenes en movimiento. Si comprimimos todas esas imágenes en formato JPEG obtendríamos el formato

MJPEG o movimiento JPG. Con este formato ya se logra una buena compresión con respecto al original.

Como el MJPEG es una extensión del estándar JPEG para imágenes sin movimiento, el movimiento JPEG es un método de compresión simétrico y típicamente consigue niveles de compresión de 10:1 hasta 50:1. MJPEG sólo elimina redundancia dentro de una imagen y no la redundancia inter-imagen por lo que la compresión obtenida es bastante menor a la que efectuaría un método de compresión que eliminase los dos tipos de redundancia. Otro inconveniente del MJPEG es que el audio no está integrado en el método de compresión.

4.5.3.1.3 Compresión WAVELET

La compresión *wavelet* se caracteriza por grabar cuadros completos y no variaciones. La tecnología *wavelet* puede comprimir imágenes de color con una relación desde 20:1 hasta 300:1 e imágenes en escala de grises desde 20:1 hasta 50:1. Esta técnica de compresión, al trabajar con la información de un cuadro de imagen completa, evita el efecto mosaico cuando se visualiza la imagen y también proporciona una buena detección del movimiento, dado que el sistema puede comparar la porción más pequeña de información visual actual con la misma porción de píxeles de la imagen anterior, pudiendo determinar un cambio con bastante precisión.

4.5.3.2 Transmisión de diferencias entre imágenes

4.5.3.2.1 Compresión MPEG

Partiendo del MJPEG se llegó al nivel MPEG. No se comprimen todas las imágenes tan sólo la diferencia entre la imagen de referencia y la siguiente imagen tomada. Distinguimos tres tipos distintos de fotogramas: I, P y B.

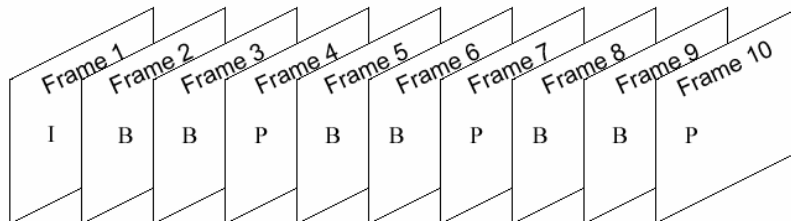
I → Imagen de referencia

P → analizan diferencias respecto a I

B → analiza diferencias respecto a P anteriores y posteriores.

Actualmente se usan 3 formatos de compresión: MPEG1, MPEG2 y MPEG4.

Figura 43. Tipos de fotogramas en mpeg.



4.5.3.2.2 Compresión MPEG1.

La calidad de vídeo que se consigue con este estándar es similar a la de un vídeo VHS. El estándar de compresión de vídeo MPEG-1 (ISO/IEC 11172) fue diseñado para soportar codificación de vídeo para tasas de *bits* de aproximadamente 1.5 Mbps.

4.5.3.2.3 Compresión MPEG2.

Extensión del estándar MPEG1. Calidad DVD. Resolución 720x576. El ancho de banda utilizado varía de 2 a 9 Mbps. Alta calidad para un alto ancho de banda. La imagen de referencia I se toma aproximadamente cada 3 imágenes.

4.5.3.2.4 Compresión MPEG4-2

Se basa en los estándares MPEG1 y MPEG2 y en la tecnología Quick Time de Apple. Los archivos con este formato son de tamaño menor que los correspondientes al formato JPEG, lo que permite su transmisión con un ancho de banda entre 20KB y 8MB. Este sistema se ha establecido como referente en la compresión de vídeo.

4.5.3.2.5 Compresión MPEG4-10 ó H.264

Es el más reciente y potente algoritmo de compresión. Desarrollado sobre su predecesor MPEG4-2, incrementa notablemente la capacidad de compresión,

permitiendo la transmisión de prácticamente el doble de imágenes por segundo en el mismo ancho de banda que MPEG4-2, con el inconveniente que los recursos necesarios son también superiores. La cantidad de movimiento en una imagen afecta directamente al ancho de banda necesario para ser transmitida, esto es debido a que los codificadores de vídeo en MPEG no envían imágenes completas, únicamente se envían los cambios existentes entre las imágenes actuales y las anteriores. Con este procedimiento se consigue reducir el ancho de banda necesario para mantener el stream de vídeo.

Tabla XII Comparación entre ancho de banda, calidad de imagen, tiempo de refresco, en diferentes formatos de compresión

Resolución NTSC/PAL	352x240 352x288	SVCD 480x480 480x576 CVD 352x480 352x576	720x480 720x576	120x480 720x576 o Inferior	640x480 o inferior	320x240 o inferior	
Compresión de <i>Vídeo</i>	MPEG1	MPEG2	MPEG2	MPEG1 o MPEG2	MPEG4	MPEG4	MPEG4
<i>Video</i> <i>bitrate</i> kbit/s	1150 bits/s	1500-2500 kbit/s	3000-8000 kbit/s	1500-2500 kbit/s	300-1000 kbit/s	100-500 kbit/s	100-500 kbit/s

4.5.4 Conceptos de video digital: *frame rate* y *bit rate*

Frame rate es el número de *frames* que serán codificados a una calidad predeterminada y transmitidos por el sistema en cada segundo. Valores posibles: MPEG2 = 25fps y MPEG4 = 1, 2, 3, 5, 8, 12, 25 fps

Bit rate es el máximo número de *bits* que serán generados por el codificador en cada segundo. Este valor debe ser lo suficientemente alto para poder alcanzar la calidad y el *frame rate* anteriormente configurado, pero no debe de ser

superior a lo que la red puede soportar. Valores posibles: MPEG2 desde 2 Mbps y MPEG4 desde 10 kbps hasta 2 Mbps.

Tabla XIII. Anchos de banda para MPEG2

Calidad Full D	Media < 30 % movimiento	Media > 30 % movimiento	Media > 50 % movimiento
Fps	Bit Rate	Bit Rate	Bit Rate
30 fps	2 Mps	3 Mbps	4 Mbps

Tabla XIV. Anchos de banda para MPEG4.

Calidad 4 CIF	Media < 30 % movimiento	Media > 30 % movimiento	Media > 50 % movimiento
Fps	Bit rate	Bit rate	Bit rate
30	2.5 Mbps	N.D.	N.D.
15	1.7 Mbps	3.4 Mbps	4.8 Mbps
10	1.3 Mbps	2.6 Mbps	3.6 Mbps
5	640 kbps	1.3 Mbps	1.8 Mbps

4.6 Optimización del video en la red IP

Para satisfacer las necesidades de los servicios de TVoIP, las redes deben poder escalar a miles de clientes, maximizando los recursos de ancho de banda, proporcionando calidad del servicio (QoS) y seguridad sobre una base end-to-end. Por éstos y otras razones, la inteligencia de la red es crítica al desplegar el excedente del vídeo de banda ancha. Los servicios de *video* del futuro serán entregados sobre redes IP de siguiente generación (NGN). Los requisitos de estos servicios son diferentes de los requisitos de los servicios de *Internet* de alta velocidad.

Los proveedores de servicio deben cumplir con ciertos requisitos fundamentales del vídeo sobre tráfico del IP, los cuales son:

- Un diseño optimizado de *multicast* IP, debe tomar ventaja completa de la arquitectura IP mientras que el tráfico *video* debe moverse desde la fuente *video* al set-top box.
- QoS debida a la experiencia del suscriptor
- La protección de la red, debe incluir un acoplamiento básico y debe proporcionar los mecanismos para evitar interrupciones.
- Mecanismos de control de la admisión que protejan el abastecimiento del servicio contra la sobre suscripción, que puede degradar el *video* debido a la suscripción de varios espectadores simultáneamente.

4.6.1 Servicios de transporte frente a Servicios de administración de aplicaciones

Los suscriptores desean una selección amplia de canales y tiempos aceptables del cambio del canal. La red debe ser capaz de cumplir con los diversos requisitos para proveer voz, vídeo y datos. Estos requisitos los podemos ver en la tabla XV.

Una NGN debe cumplir con tener una gama completa de requisitos de ancho de banda y servicios para TVoIP, a la cual se le puede agregar escalabilidad e inteligencia especialmente en las capas de distribución y de agregación. En la figura 44 se muestra la arquitectura básica de una red de *video* sobre IP.

4.6.2 Requisitos del servicio de *video*

En una arquitectura de TVoIP es útil entender la demanda de *video* y el lugar que ocupa en la red.

Tabla XV. Comparación de requisitos de servicios transporte y su aplicación

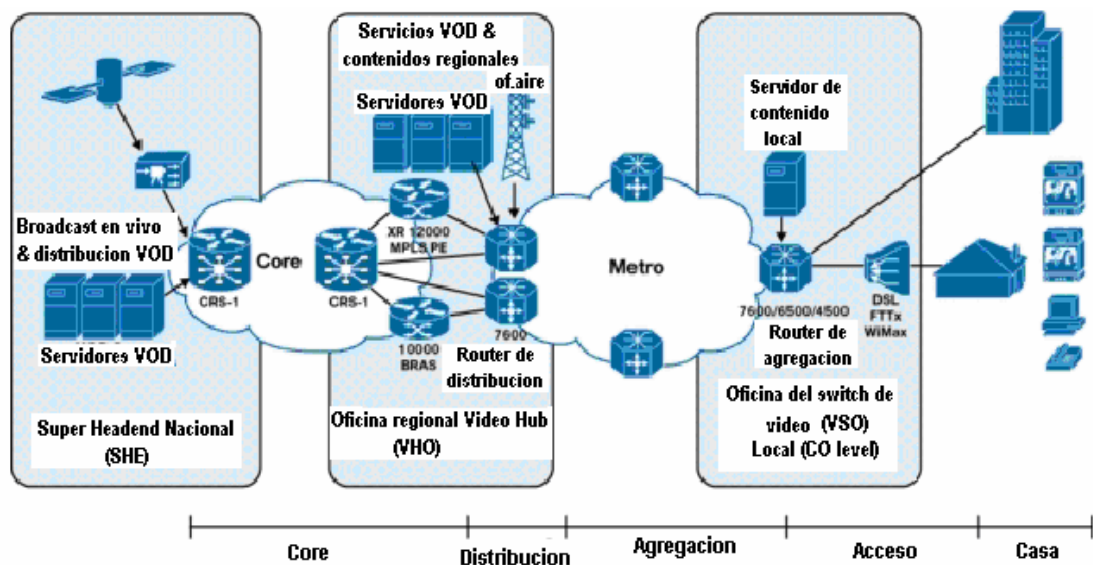
Tipo de Servicio	Servicio de transporte	Servicio manejado por la aplicación
SLA	Parámetros del transporte <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ancho de banda, max drop, latencia, etc. 	Aplicación de <i>video</i> SLA <ul style="list-style-type: none"> • Número de set-top box • Grado Básico frente a premier
Autenticación / identificación del suscriptor	Red base <ul style="list-style-type: none"> • PPPoE, 802.1X • Vlans por suscriptor , • DHCP opción 82 	Aplicación base <ul style="list-style-type: none"> • <i>Video</i> Middleware • El STB puede ser autenticado por la red cuando se conecta
Aplicación de SLA	Red base <ul style="list-style-type: none"> • Formateo del suscriptor 	Aplicación base <ul style="list-style-type: none"> • Basado en señalización app
QoS	Por suscriptor <ul style="list-style-type: none"> • Oro, plata y bronce • Clasificación cola del suscriptor 	Agregado <ul style="list-style-type: none"> • Cola simple de vídeo

4.6.2.1 Ancho de banda

Para un suscriptor que tenga servicio de TVoIP se necesita de mas ancho de banda que un suscriptor que solo tenga servicio de *Internet*. El tráfico crece debido a que el *video* se entrega en flujos constantes en el set-tup box. La calidad de la imagen es controlada por el proveedor del servicio, el cual determina la tarifa de codificación. Por ejemplo, el estándar de la compresión MPEG2 consume aproximadamente 3.75 Mbps. El nuevo estándar de compresión, mpeg4, consume solamente 2 Mbps mientras que proporciona la

misma imagen de alta calidad. La TV de alta definición varía de 6 Mbps a 15 Mbps dependiendo de la tarifa de codificación. Otra consideración importante es cuando accedamos a una arquitectura de TVoIP que requiere *broadcast* TV frente a *video* sobre demanda. Se entrega *broadcast* TV en los canales usando el *multicast* IP, con esto se logra que el ancho de banda consumido dependa solamente del número de canales ofrecidos y de la tarifa de codificación. Por ejemplo, 200 canales de contenido del programa MPEG2 en la definición estándar consumirán aproximadamente 750 Mbps de ancho de banda. El vídeo en demanda, sin embargo es unicast, canal por espectador. Los espectadores del estándar de VoD consumen aproximadamente 3.75 Gbps. Esto hace complejo el manejo del ancho de banda del VoD.

Figura 44. Arquitectura básica de una red de video IP



4.6.2.2 Calidad de Servicio QoS

La calidad de servicio es extremadamente importante al determinar una arquitectura de TVoIP porque las corrientes excesivas del *video* IP son sensibles a las pérdidas de los paquetes. Y aunque la pérdida de uno o varios

paquetes consecutivos no afectará perceptiblemente la visión de un espectador de la TV, si el acontecimiento dura más que un segundo degradará calidad de la imagen. Los STB han limitado esta funcionalidad copiando las tramas perdidas. Muchos STB, por ejemplo, proveen mejoras visibles utilizando FEC, que encubren la información retransmitiendo la información perdida. El *jitter* es también un parámetro importante a considerar, porque el STB tienen una capacidad limitada para compensar el *jitter* (generalmente en el orden de los 150 ms). Finalmente, es también importante considerar la coexistencia del vídeo con VoIP y el otro tráfico en tiempo real. Cuando los servicios múltiples atraviesan la misma red, es necesario que emerjan en una misma cola. Los mecanismos deben ser confiables para la programación y evitar la congestión, combinados con el tamaño de la cola deben ser parte de la solución de un buen diseño de red.

El *broadcast* de TV se compone de corrientes del vídeo del *multicast*. Si una fuente del *multicast* se pierde dentro de la red, podría afectar centenares de millares de usuarios. La red debe optimizar el *multicast* IP y debe proporcionar maneras transparentes de restaurar la pérdida de una fuente del *multicast*. Poner fuentes redundantes geográficamente dispersadas del *multicast* en ejecución del IP es una buena manera de aumentar disponibilidad porque permite que la red seleccione la fuente más eficiente y proporcione la conmutación rápida de una fuente a otra. En cambio, el VoD es un servicio por usuario, así que la pérdida de una corriente no es catastrófica. En la figura 44, el DSLAM es el dispositivo del acceso, y las plataformas de agregación están conectadas directamente al DSLAMs.

4.6.2.3 Multicast y cambio del canal

Una idea falsa común es que en una red *multicast* IP causa cambios lentos del canal. Aunque es innegable que parar la recepción de un canal del *multicast* y comenzar la recepción de otro no es instantáneo, la operación del *multicast*

toma típicamente cerca de 50 ms. La razón por la que se retrasa la agregación es que sirve para proporcionar el servicio a millares de suscriptores simultáneamente. El estado de latencia y *delay* se muestra en la tabla XVI

Multicast IP no es el principal proveedor del estado de la latencia del cambio de canal. Una corriente *video* es una sucesión de cuadros que el set-tup box tiene que desplegar. Los cuadros se envían al set-tup box secuencialmente y después se agrupan en un grupo de cuadros (GoP), que contiene una cantidad variable de cuadros (generalmente 15). El primer cuadro del grupo se llama *I-Frame*. Este es el inicio del GoP en el sentido que los demás cuadros después de él siguen la información del cambio del cuadro en la codificación *video*. Si el GoP está compuesto de 15 cuadros, hay un *I-Frame* cada 0.5 segundos. Cuando un usuario cambia el canal, el set-top box envía un mensaje a la red para solicitar un cambio del canal. El *multicast* IP representa menos de 10 por ciento del tiempo total del cambio del canal.

Tabla XVI. Estado de latencia y *delay* del canal

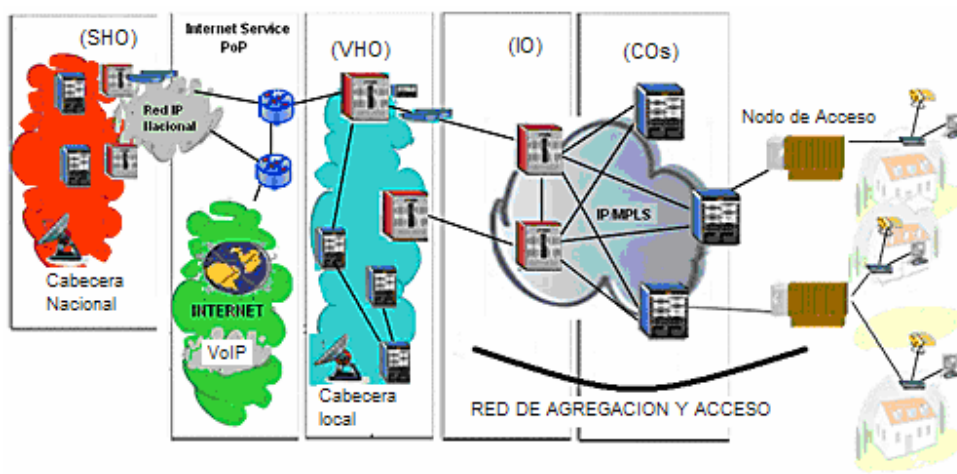
Factor de latencia del cambio de canal	Latencia típica
Permiso de <i>multicast</i> para el viejo canal	50 ms
<i>Delay</i> de <i>multicast</i> para parar el stream	150 ms
Enlace de <i>Multicast</i> para el nuevo canal	50 ms.
Buffer intermediario del <i>jitter</i>	150-200 ms
Acceso condicional del <i>delay</i>	0 msec - 2 sec
<i>I-Frame delay</i>	500 ms

5. DISEÑO Y CONFIGURACION DE UNA RED *TRIPLE PLAY*

5.1 Integración de una red *triple play*.

La difusión de la tecnología DSL a nivel residencial y la migración de las redes de los operadores a arquitecturas que garantizan calidad de servicio como IP/MPLS, ofrecen a los consumidores nuevas posibilidades de entretenimiento, incluidas en este servicio. En la figura 45 se describe una arquitectura *triple play*.

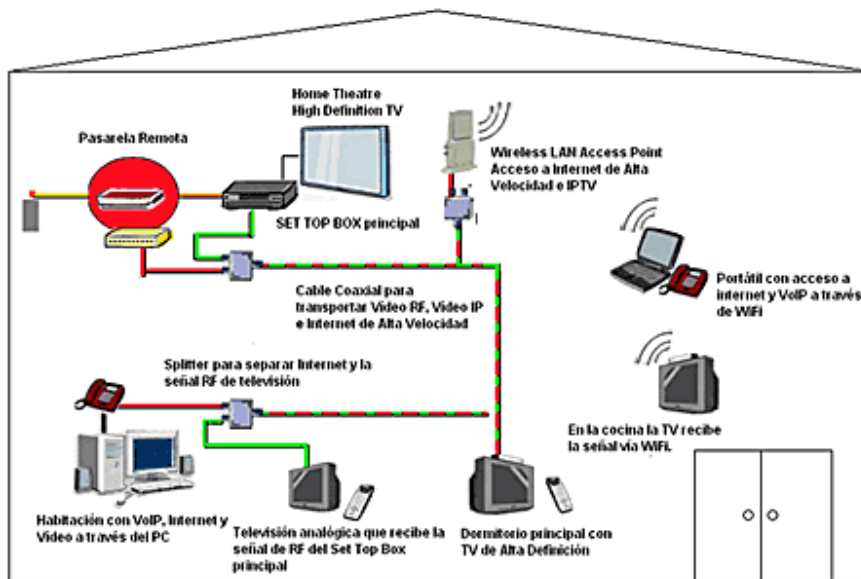
Figura 45. Descripción de una arquitectura *triple play*



Comenzando por la parte izquierda de la figura 45, la *super hub office* (SHO) es la cabecera donde los contenidos televisivos de emisoras nacionales e internacionales se capturan y se empaquetan en IP para distribuirlos por la red. De la misma forma, pero a nivel regional, las *video hub offices* (VHO) capturan la emisión de las televisiones locales, y también se encargan de atender las peticiones de 'vídeo a la carta'. Es fundamental que tanto la SHO como las

VHOs inyecten el tráfico de vídeo en redes dedicadas o que al menos garanticen la calidad del servicio. Los flujos IP atraviesan nodos intermedios o *intermediate offices* (IOs) y llegan hasta las *central offices* (COs), desde donde se distribuyen a los nodos DSL y finalmente a los hogares. El conjunto de IOs, COs y nodos DSL constituye la red de acceso y agregación de tráfico. Una vez en casa del abonado, una pasarela remota o *gateway* residencial (RG) realiza las funciones de interfaz hacia los diferentes terminales: *set-top boxes* conectados a TVs, PC, teléfonos, etc.

Figura. 46. Ejemplo de flujo del tráfico a través de la red *triple play*



En la figura 46 vemos un ejemplo de cómo fluye el tráfico a través de la red. Supongamos que un cliente en su casa, solicita un servicio de vídeo a la carta, una conexión a *Internet* e inicia una llamada de voz sobre IP. La primera solicitud se transmite hacia la VHO regional, que como ya dijimos es el centro proveedor de vídeo a la carta. El flujo de vídeo unicast (es decir, un único emisor y un único receptor) viaja en el sentido inverso hasta el abonado siguiendo la misma ruta que la petición. Por otro lado, la petición de conexión a

Internet y la llamada de voz sobre IP se encaminan hacia el ISP y son servidas también siguiendo la misma ruta que la solicitud a la inversa. La red de agregación se encarga de reunir los tres flujos de vídeo, voz y datos, luego se los entrega al nodo de acceso, teniendo en cuenta las prioridades respectivas. Si el telespectador desea ver la televisión por satélite en lugar del vídeo a la carta, la petición no será transmitida hacia la VHO sino hacia la SHO nacional, y el contenido solicitado se le entregará al telespectador mediante un flujo *multicast* (es decir, un único emisor y varios posibles receptores). Si existen otros telespectadores en las cercanías viendo el mismo canal de televisión, la solicitud no tendrá que viajar hasta la cabecera sino que será interceptada por la red de agregación, acortando los tiempos de espera y optimizando el ancho de banda consumido en la red. Es un ejemplo de implementación 'inteligente' del *multicast*.

5.1.1 Etapa de acceso y agregación

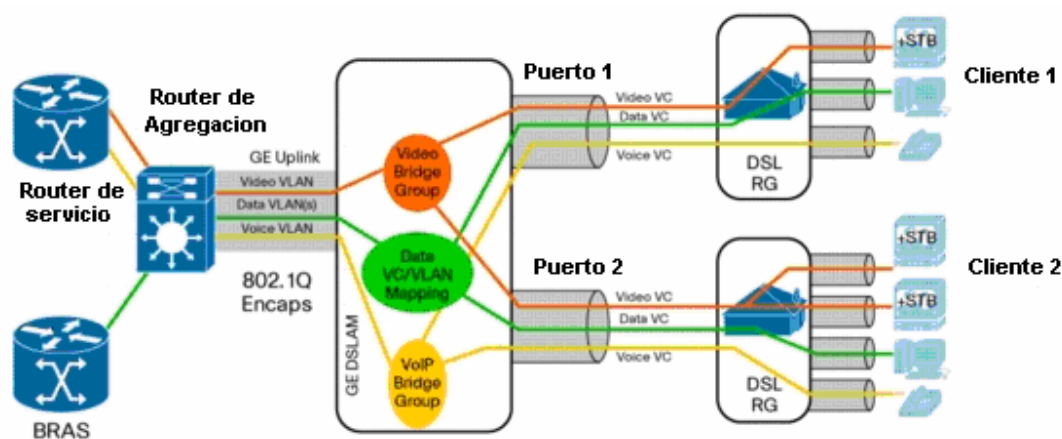
Hay muchas maneras de configurar la capa del acceso. Las opciones de la configuración incluyen:

- Simple conexión virtual (VC) frente a Múltiples VCs en el acoplamiento del DSL
- *Video* virtual LAN (VLAN) por servicio o por usuario
- *Internet* de alta velocidad VLAN por servicio o por usuario
- Capa 2 frente a Capa 3 dsl en la entrada del cliente
- Usando VLANs o capa 2 con prioridad para QoS

No existe una solución clara y cada combinación de las opciones antes mencionadas tiene sus ventajas y desventajas. La característica del equipo se deberá acomodar virtualmente a todas las opciones del diseño que se elija. La marca Cisco ha propuesto el modelo que se muestra en la figura 47, este proporciona numerosas ventajas en términos de escalamiento, facilidad de

administración y seguridad. En esta configuración directa, se utiliza una VLAN por servicio. Este acercamiento mejora la escalabilidad porque cada VLAN puede ser acomodada a tantos suscriptores como el ancho de banda lo permita. Cada una es independiente al número de usuarios suscritos al servicio. Por lo tanto un DSLAM y sus suscriptores unidos recibirán tres VLANs.

Figura 47. Ejemplo de la etapa agregación y acceso



En este modelo el *gateway* residencial separa el tráfico y mapea cada VLAN a sus propios puertos dentro de la casa. El *router* de agregación se puede configurar con un sistema de servicio de VLANs o puede utilizar un sistema único de servicio VLANs para cada DSLAM, esta es una opción que proporciona más seguridad. Un solo pool de direcciones IP se puede utilizar para todos los suscriptores conectados a un mismo DSLAM y al *router* de agregación. Por ejemplo si un *router* de agregación es conectado típicamente a 10.000 usuarios y usan las interfaces virtuales del interruptor IP (SVIs), todos los usuarios pueden ser colocados en una misma subnet, teniendo una misma IP de administración.

Con el vídeo, el suscriptor es autenticado en la capa de aplicación. En el foro de DSL se identifica las maneras de hacer esto en su especificación WT101,

utiliza la opción de etiqueta dinámica 82 del punto a punto (PPP) o el protocolo de la configuración del anfitrión (DHCP). Los trabajos de la opción 82 de DHCP se da así: cuando un set-tup box está conectado con la red, envía una petición de DHCP al DSLAM. Los *snoops* del DSLAM de DHCP realizan la petición y los rellenos de la línea de identificación en la cual la petición se ha recibido en un campo de texto llamando a la opción 82. Esta información se pone en la petición de DHCP y se remite al servidor de DHCP, que puede emparejar al STB con su línea identificación.

5.1.2 Separación de los servicios.

Un aspecto importante de la red del transporte de *video* para la arquitectura de *triple play* es que proporciona la ayuda necesaria para un funcionamiento óptimo y poder ejecutar las funciones requeridas por cada tipo de servicio. Como mínimo, la red debe proporcionar la capacidad de resolver los retrasos y adelantos de cada tipo de servicio cuando el múltiple servicio es parte del mismo acoplamiento físico. Esta capacidad es inherente en la arquitectura de QoS de la solución de Cisco. Además, Cisco IP NGN se puede configurar para proporcionar los dominios separados de la expedición y ruteo para cada tipo de servicio. Este nivel de la separación es muy útil cuando un proveedor de servicio desea manejar el espacio de dirección, la topología y la infraestructura IP asociada a cada tipo del servicio por separado. Esta arquitectura del transporte permite que el tráfico asociado a diversos tipos de servicio sea agregado o terminado en diferentes lugares, usando diversos componentes de la infraestructura. Esta arquitectura también permite que el tráfico asociado a los servicios del acceso del *Internet* se le agregen a un servidor de acceso de banda ancha alejado mientras que el tráfico asociado a los servicios *video* se termina usando los componentes de la infraestructura de *video*.

QoS

El vídeo sobre banda ancha es basado en IP. Por lo tanto, el *differentiated services code point* (DCSP) se convierte en una referencia al definir las políticas de QoS. Esta arquitectura tiene un comportamiento por salto (PHB) basado en *bits* IP DSCP siendo la manera más escalable de dirigir QoS. La voz, el vídeo, el *Internet* de alta velocidad, se ponen respectivamente en su propia cola. Esto permite actuar de manera determinística end to end al *jitter*, *delay* y comportamiento de pérdida. La tabla XVII demuestra un ejemplo de ajustes que un usuario podría elegir para configurar los elementos del acceso y de la etapa de agregación.

Tabla XVII. Configuración de la QoS la etapa de acceso y agregación

Clase del tráfico	<i>DiffServ</i> PHB	Valor de <i>DiffServ</i> DCSP	Método de cola	Peso de la cola
<i>Video Broadcast</i>	Expedición asegurada (AF)	AF 41	Cargado	el 80% <i>downstream</i> el 20% <i>upstream</i>
Vídeo en demanda		AF 42		
Voz + señalización de vídeo		CS3		
Voz	Expedición apresurada (EF)	EF	Prioridad	N/A
Acceso del Internet	Por defecto	0	Cargado	el 80% <i>downstream</i> el 20% <i>upstream</i>

Fuente: Cisco System Inc.

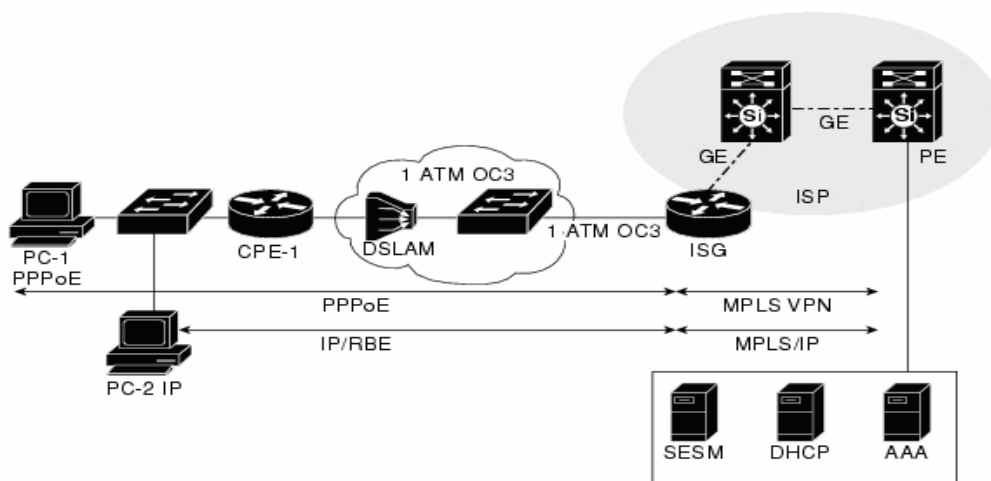
Cuando un elemento de la red tal como un DSLAM no es capaz de mirar los *bits* IP de DSCP, el *router* de agregación se configura para trazar ajustes a los *bits* de *Ethernet* 802.1p de la capa 2. El DSLAM puede poner los *frames* en la atmósfera apropiada VC, y la función de la atmósfera SAR será utilizará para programar apropiadamente las diversas prioridades.

5.2 Diseño de una red *triple play*

En este diseño se emplean *routers* Cisco 7200 y 7300 con ISG (*Intelligent services gateway*) en *triple play* para mantener paquetes IP y PPPoE. En el diseño de la red, una ISP ofrece *triple play*, dando el servicio de paquetes, los servicios incluyen VoIP, el vídeo de difusión y tráfico prioritario a servidores de juegos del ISP. Este diseño soporta autologin transparente (TAL) basado en la dirección MAC del suscriptor, la cual requiere que las direcciones MAC del suscriptor estén configuradas manualmente. Si la autenticación de la MAC falla los suscriptores pueden redireccionarse a un portal *web*, donde pueden abrir una sesión manualmente. Las secciones siguientes describen el modelo desplegado para configurar un ISG de Cisco 7200 con servicios *triple play* con paquetes de servicios IP y PPPoE, esta son: topología de la red, lista de dispositivos, flujo del protocolo, estrategia de QoS y flujos de llamada

5.2.1 Topología de la red

En la figura 48 se muestra la topología de red



Fuente: Cisco System Inc

5.2.2 Lista de dispositivos

En la tabla XVIII se muestran los dispositivos utilizados en el modelo diseñado de red

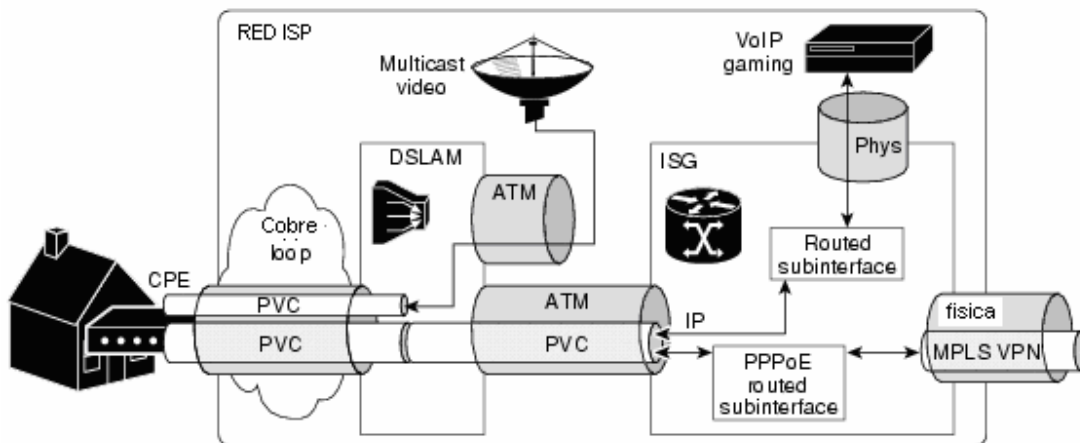
Tabla XVIII. Lista de dispositivos

Lista de dispositivos	
Dispositivo	Plataforma
CPE	Cisco 837
ISG	Cisco 7206 o Cisco 7301
PE	Cisco 6509

5.2.3 Flujo de los Protocolos

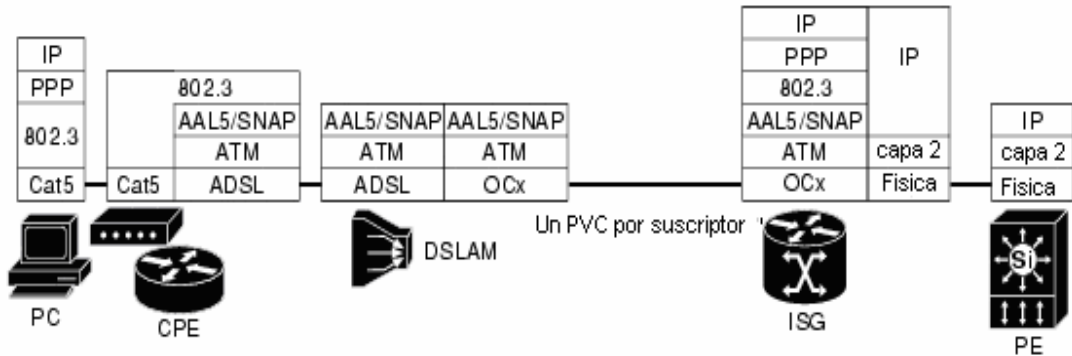
En la figura 49 se muestra cómo el tráfico se encamina a través de la red y en la figura 50 se muestra los protocolos que son activos en cada dispositivo de red.

Figura 49. Flujo del Protocolo



Fuente: Cisco System Inc

Figura 50. Protocolos activos

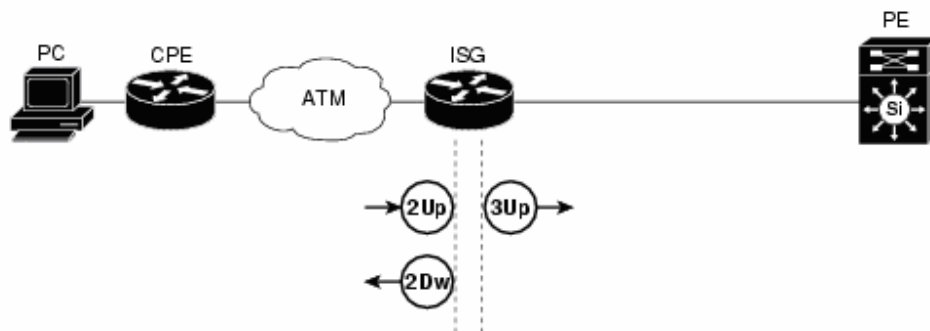


Fuente: Cisco System Inc

5.2.4 Estrategia de QoS

En la figura 51 se muestran todas las interfaces de la red donde la QoS podría potencialmente ser configurada. “UP” se refiere a la interfase *upstream* entre los dos dispositivos y “Dw” se refiere a la interfase en *downtream*. Las interfaces mostradas son los puntos donde la QoS se configura para este diseño.

Figura 51. Interfaces de QoS



En la tabla XIX se describen las estrategias de QoS que son desplegadas en cada una de las interfaces mostradas en la figura 51.

Tabla XIX. Estrategias de QoS

interfase	Dispositivo	Trafico Origen	Trafico Destino	Estrategia de QoS
2Up	ISG	CPE	ISG	El tráfico <i>upstream</i> es supervisado agregando una tarifa usando una política mayor. Una política menor es aplicada para supervisar la clase de VoIP, el control de la llamada y el los juegos. El DSCP traza un mapa experimental de <i>bit</i> apropiado de MPLS.
2Dw	ISG	ISG	CPE	LLQ se aplica a los flujos de VoIP, <i>class-based weighted fair queueing (CBWFQ)</i> y control de llamada y al juego. .
3Up	ISG	ISG	PE	DSCP traza un mapa experimental de <i>bit</i> apropiado de MPLS.

Fuente: Cisco System Inc

5.2.5 Flujo de llamadas

El siguiente flujo de llamadas describe la operación de la red en sesiones PPPoE e IP. Estas son: flujo básico de llamada de acceso a la capa 3 VPN para las sesiones PPPoE y Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3 VPN para las sesiones IP

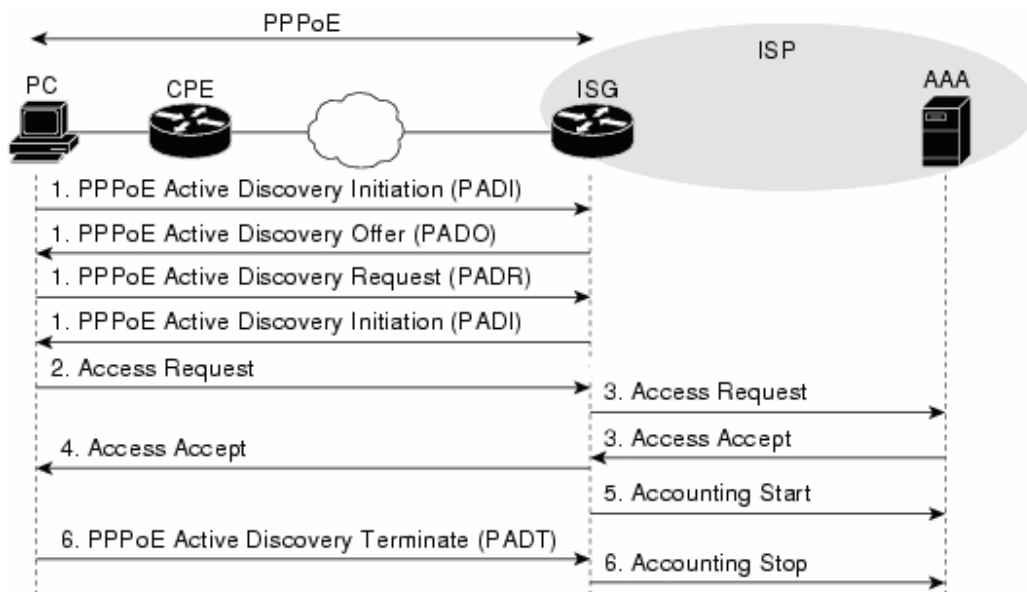
5.2.5.1 Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3, VPN para sesiones PPPoE

En la figura 52 se muestra el proceso del flujo de llamadas estableciendo el flujo básico de acceso a la capa 3. Cada usuario de la sesión inicia con un procedimiento avanzado inicial en el servicio de *software* ISG. A continuación se da una explicación de la secuencia de los eventos registrados en la figura 52.

1. El suscriptor inicia una conexión PPPoE de la PC al ISG por el CPE.
2. El cliente inicia la sesión enviando un mensaje de petición de acceso al ISG.

3. El ISG envía la información del suscriptor al servidor AAA. El servidor AAA autentica al usuario y envía al ISG el perfil apropiado del servicio al ISG.
4. Después de que hayan autenticado al usuario con éxito, el ISG envía un mensaje de aceptado al cliente
5. El ISG envía un mensaje del comienzo de la contabilidad al servidor AAA.
6. Cuando el suscriptor termina la sesión, el cliente envía un mensaje PPPoE de terminado al ISG y el ISG termina la sesión enviando un mensaje para que pare la contabilidad al servidor AAA

Figura 52. Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3 VPN para sesiones PPPoE

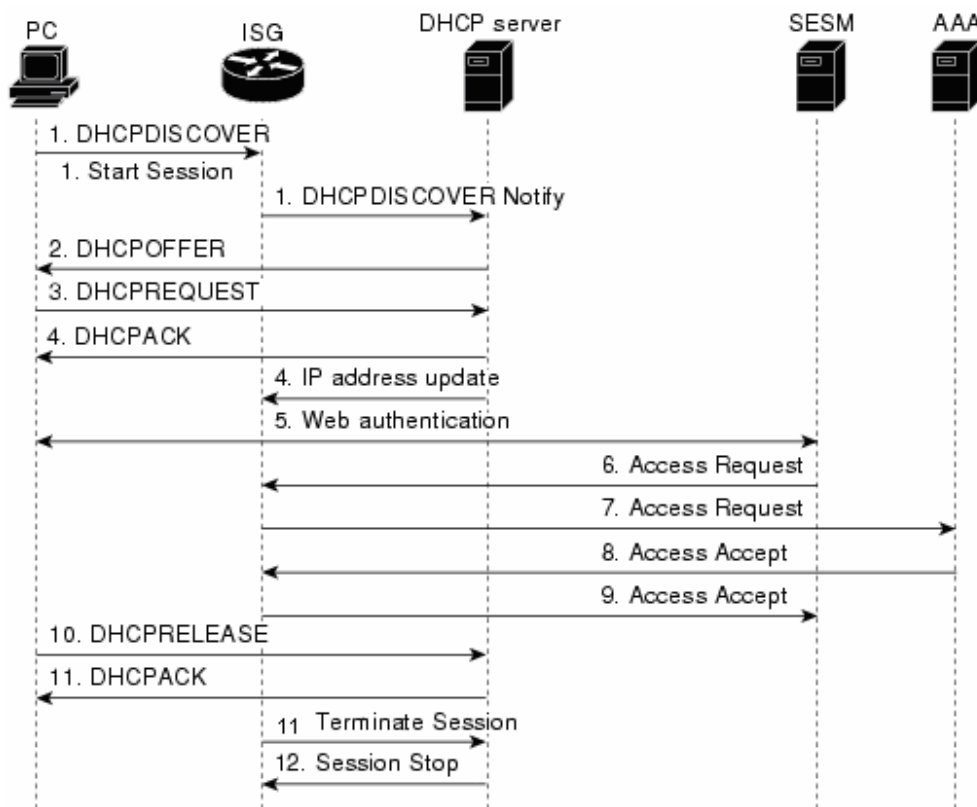


5.2.5.2 Flujo básico de llamada de acceso a la capa 3, VPN para sesiones IP

Para sesiones IP, la arquitectura ISG soporta varios métodos de autenticación del usuario, las cuales conducen a los flujos múltiples de la llamada. El método de autenticación usado depende si esta funcionando o no el ISP y si esta

configurada la característica de TAL. TAL permite al ISG autenticar a suscriptores en base a la dirección IP o en base a dirección MAC de la fuente. Cuando TAL no está activado, los suscriptores son autenticados manualmente. Cuando los suscriptores inician una sesión, el ISG los envía a Cisco SESM. Los suscriptores entonces incorporan sus usernames y contraseñas. En la figura 53 se muestra el proceso del flujo de llamada para establecer el acceso básico a la capa 3 VPN para las sesiones IP con la autenticación de no-TAL

Figura 53. Flujo de llamada de acceso a la capa 3 VPN con autenticación No-TAL para sesiones IP

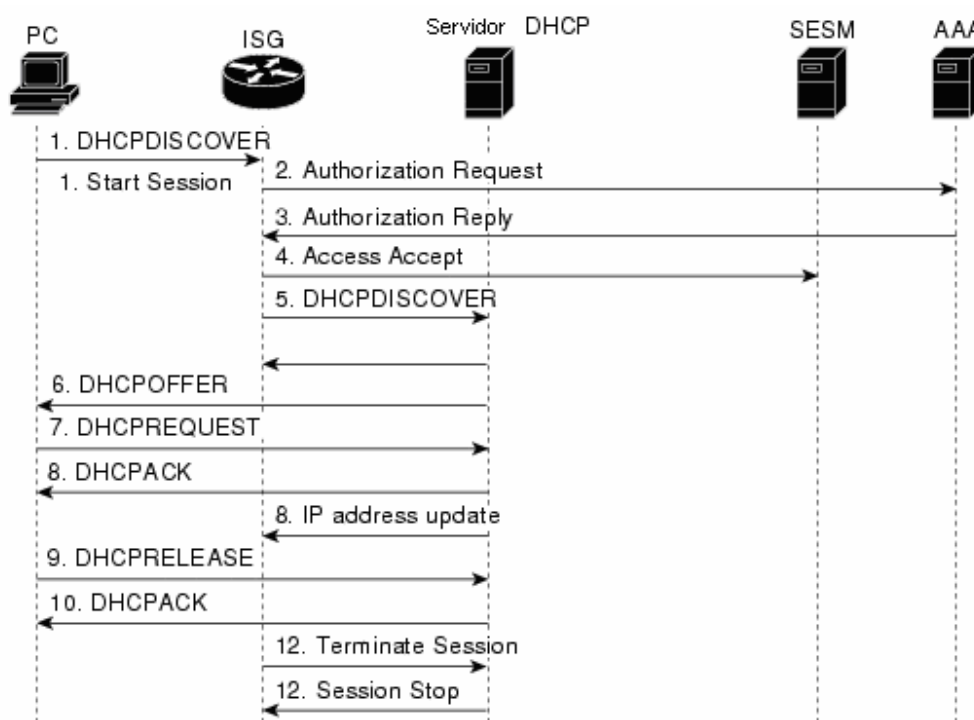


A continuación se da una explicación de la secuencia de eventos ocurridos en la figura 53.

1. El cliente envía un mensaje de *dhcpdiscover* al ISG. El ISG entonces retransmite este mensaje enviando un *dhcpdiscover* notificando el mensaje al servidor *dhcp*. El ISG crea la sesión IP sobre la recepción del mensaje de *dhcpdiscover* del cliente de la PC.
2. El servidor *dhcp* envía un mensaje de *dhcpoffer* al cliente.
3. El cliente envía un mensaje de *dhcprequest* al servidor *dhcp*.
4. El servidor *dhcp* asigna a cliente una dirección IP y lo envía en un mensaje de *dhcpack* al cliente. El servidor *dhcp* envía un mensaje de actualización de la dirección IP al ISG para notificarlo de la asignación de la dirección IP.
5. El puerto del suscriptor ahora permite conectarse solamente el *http* excesivo con una dirección IP para Cisco *sesm*. Otras peticiones del *dhcp* son enviadas a Cisco *sesm* por la capa 4, volviendo a dirigir la característica. El suscriptor entonces incorpora la información del username y de la contraseña.
6. Cisco *sesm* envía el username y la contraseña al ISG en un mensaje de petición de acceso.
7. El ISG envía un mensaje de petición de acceso al servidor AAA.
8. El servidor AAA autentica al suscriptor y envía un acceso aceptado el mensaje al ISG.
9. El ISG envía un mensaje de acceso aceptando el mensaje de Cisco *SESM*, autorizándolo para comenzar el servicio para el suscriptor.
10. Cuando el suscriptor termina la sesión, el cliente envía un mensaje de *dhcrelease* al servidor *dhcp*.
11. El servidor *http* responde con un mensaje de *dhcpack*.
12. El ISG envía un mensaje de terminar la sesión al servidor *dhcp* y el servidor *dhcp* confirma que la sesión es terminada enviando un mensaje para parar la sesión al ISG.

En la figura 54 se muestra el proceso del flujo de llamada para establecer el acceso básico a la capa 3 VPN para las sesiones IP con la autenticación de TAL

Figura 54. Flujo TAL Basado en la llamada de acceso a la capa 3 VPN para las sesiones IP



A continuación se da una explicación de la secuencia de eventos en la figura 54

1. El cliente envía un mensaje de *dhcpdiscover* al ISG.
2. El ISG envía una petición de autorización al servidor AAA.
3. El servidor AAA realiza la autenticación de TAL basada en la dirección IP o la dirección MAC de los clientes y envía un mensaje de la contestación de la autorización al ISG.
4. Si autentican al cliente con éxito, el ISG envía mensaje que acepta el acceso a Cisco SESM. Si el cliente falla la autenticación de TAL, la capa 4 enviará al

suscriptor a Cisco SESM para que vuelva a dirigirse para abrir una sesión manualmente.

5. El ISG retransmite el *dhcpdiscover* notificando el mensaje al servidor *dhcp*. El ISG entonces crea una sesión IP.
6. El servidor *dhcp* envía un mensaje de *dhcpoffer* al cliente.
7. El cliente envía un mensaje de *dhcprequest* al servidor *dhcp*.
8. El servidor *dhcp* asigna a cliente una dirección IP y lo envía en un mensaje de *dhcpack* al cliente. El servidor *dhcp* envía un mensaje de actualización de la dirección IP al ISG para notificarlo de la asignación de la dirección IP.
9. Cuando el suscriptor termina la sesión, el cliente envía un mensaje de *dhcprelease* al servidor *dhcp*.
10. El servidor *dhcp* responde con un mensaje de *dhcpack*.
11. El ISG envía un mensaje de terminar la sesión al servidor *dhcp*
12. El servidor *dhcp* confirma que la sesión es terminada enviando un mensaje de parar la sesión al ISG.

5.3 Arquitectura *triple play* relacionada a los estándares existentes

El foro DSL pública a través de las especificaciones TR-25 y TR-59 los requisitos de la infraestructura del acceso y de la agregación y las alternativas arquitectónicas para una infraestructura ATM basada en la agregación del DSL. El foro DSL está concluyendo actualmente una nueva especificación, etiquetada WT-101, que especifica los requisitos de la infraestructura del acceso y de la agregación y las alternativas arquitectónicas para una infraestructura basada en *Ethernet* de agregación de DSL. Esto se trata a continuación

- WT-101 Mapeo de servicio
- WT-101 Arquitectura de QoS
- WT-101 Arquitectura de borde de capa 3
- WT-101 Arquitectura *multicast*

WT-101 define los cambios a las interfaces y a los componentes que están implicados en la infraestructura ATM de agregación y *Ethernet* para DSL. La arquitectura de agregación descrita en WT-101 se puede traducir a otras tecnologías del acceso además de DSL. Los ejemplos de las arquitecturas se describen a continuación.

Para documentar los cambios de ATM en la agregación *Ethernet*, WT-101 especifica dos interfaces arquitectónicas como parte de la red de la agregación del DSL y de *Ethernet*:

- La interfase U especifica las encapsulaciones usadas en la línea del mismo DSL.
- La interfase V especifica las encapsulaciones usadas en las interfaces *Ethernet* entre el DSLAM y los BRAS.

WT-101 también especifica los requisitos para un sistema de componentes usados como parte de la arquitectura de la agregación *ethernet*. Los componentes especificados por WT-101 son nodos de acceso, nodos de agregación y *gateways* de la red de banda ancha. El nodo de acceso en WT-101 es el DSLAM, que termina la línea de DSL y utiliza *uplinks* de *ethernet* hacia la red de agregación. Los nodos de agregación en WT-101 realizan la agregación de *ethernet* de la capa 2, mientras que los BRAS terminan sesiones de transporte del suscriptor y estos actos se realizan en la capa 3 del dispositivo

5.3.1 WT-101 mapeo de servicios

Uno de los requisitos arquitectónicos especificados en WT-101 es la capacidad de mapeo de diversos servicios en un ambiente residencial a diversas topologías lógicas en la infraestructura de acceso y de agregación. Cuando los diversos servicios son mapeados a diversas topologías lógicas, estos servicios se pueden terminar en diversos dispositivos del borde de la capa 3 (es decir, los BRAS) y se originan típicamente en el CPE y se deben especificar las

alternativas arquitectónicas para llevar este mapeo como parte de las encapsulaciones usadas en las redes de acceso y de agregación.

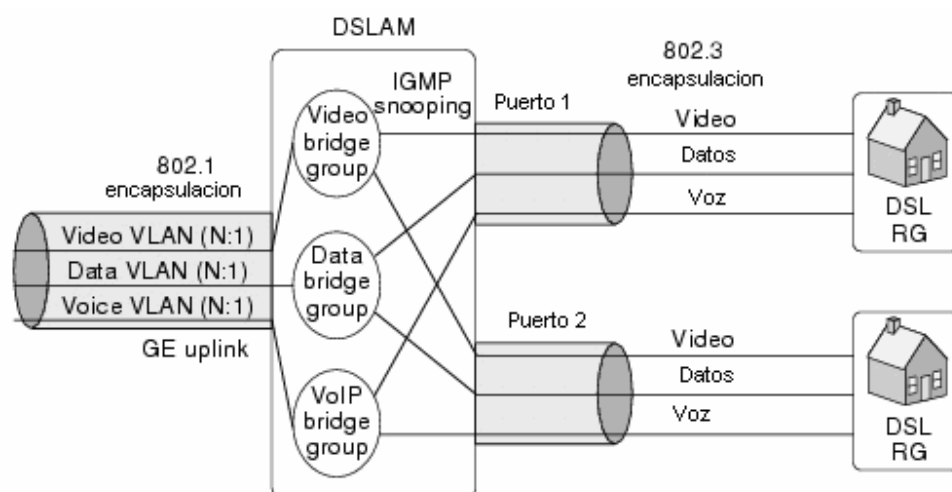
5.3.1.1 Mapeo de servicios en la red de acceso.

WT-101 especifica tres opciones arquitectónicas para llevar este mapeo en las líneas de acceso DSL, las cuales son: arquitectura de acceso del multi-VC, arquitectura de tipo *EtherType* y arquitectura de multi-VLAN.

5.3.1.1.1 Arquitectura de acceso de Multi-VC

En la arquitectura multi-VC, los circuitos virtuales separados de ATM (VCs) se utilizan para distinguir los espacios de dirección para los diversos servicios. Este VCs también se utiliza para proporcionar las características apropiadas de QoS para cada servicio. La figura 55 ilustra una arquitectura del acceso del multi-VC donde la línea óptica terminal (OLT) del DSLAM/BPoN mapea a ATM VCs en la línea de DSL para mantener VLANs en el uplink de GE.

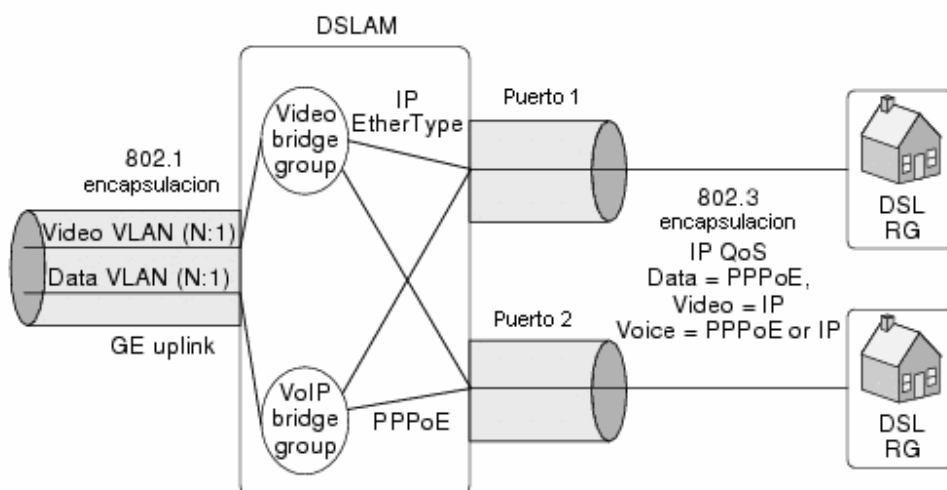
Figura 55. Arquitectura de acceso Multi-VC



5.3.1.1.2 Arquitectura de acceso *EtherType*

En la arquitectura de acceso *EtherType*, el campo *EtherType* de los paquetes *ethernet* se utiliza para distinguir entre dos diversos espacios de dirección. En esta arquitectura el servicio de acceso a *Internet* utiliza encapsulación PPPoE, mientras que el servicio de *video* utiliza encapsulación IP. Cuando los paquetes PPP e IP son enviados por *Ethernet*, el campo de *EtherType* se puede utilizar para distinguir entre estos dos tipos de paquetes. En el modelo *EtherType* el servicio de voz se debe llevar dentro de una de las dos topologías representadas por estos dos valores del campo *EtherType*. Porque un solo VC se utiliza para todos los servicios, el modelo de *EtherType* asume que *Ethernet* o la capa IP de la QoS está utilizada para proporcionar la calidad apropiada del servicio para cada uno de ellos. La figura 56 ilustra esta arquitectura, donde el DSLAM mapea el valor de *EtherType* en la línea del DSL para mantener VLANs en el *uplink* de GE.

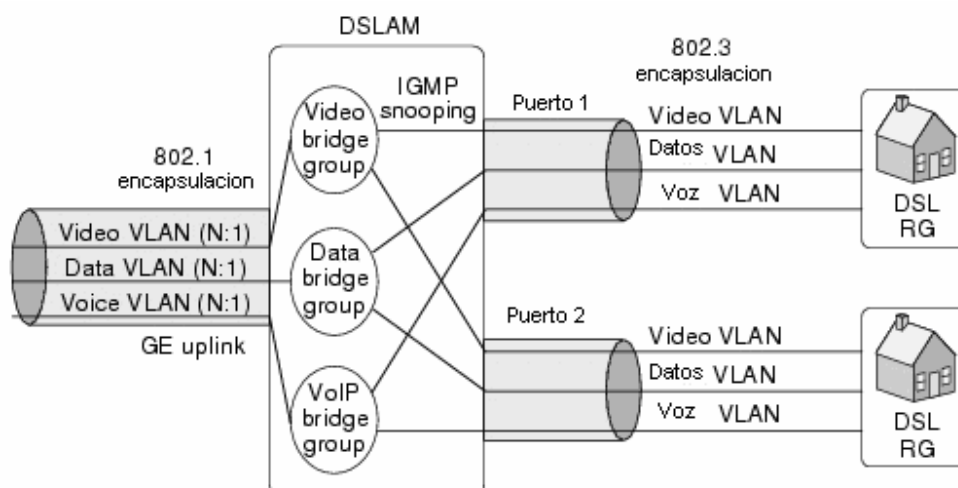
Figura 56. Arquitectura de acceso *EtherType*



5.3.1.1.3 Arquitectura de acceso Multi-VLAN

En la arquitectura de acceso multi-VLAN, la encapsulación 802.1q se utiliza en la línea DSL y las identificaciones separadas de VLAN se utilizan para distinguir los espacios de dirección para los diversos servicios. El DSLAM mapea estas identificaciones de VLAN en el *uplink* de GE a un sistema separado de las identificaciones de VLAN que identifican el espacio de dirección en ese acoplamiento. Porque un solo VC se utiliza para todos los servicios, el modelo de VLAN asume que *Ethernet* o capa IP de QoS están siendo utilizadas para proporcionar la calidad apropiada del servicio para cada uno de los servicios. La figura 57 ilustra esta arquitectura, donde el DSLAM mapea la identificación de VLAN en la línea del DSL para mantener VLANs en el *uplink* de GE.

Figura 57 Arquitectura de acceso Multi-VLAN



5.3.1.2 Mapeo de servicios en la red de agregación

WT-101 también especifica dos arquitecturas alternativas de VLAN para mapeo de servicios residenciales a VLANs en la red de agregación *Ethernet*. Las alternativas son la arquitectura de Vlan N: 1 y la arquitectura de VLAN 1:1,

estas se definen en WT-101 como métodos de mapeo de líneas y servicios del suscriptor a VLANs. El modelo N: 1 es el mapeo de muchas líneas y servicios del suscriptor a una sola VLAN, mientras que el modelo de 1:1 mapea cada línea del suscriptor a un VLAN separada.

5.3.1.2.1 Modelo VLAN N: 1

En el modelo de Vlan N: 1, múltiples suscriptores múltiples y servicios son mapeados a la misma VLAN en la red *ethernet* de agregación. Hay muchas posibilidades de grupos de mapeo de suscriptores y servicios en este modelo de VLANs. Por ejemplo, cada VLAN en el modelo N: 1 se puede utilizar para agregar a todos los suscriptores asociados a un servicio particular. Cuando el servicio de mapeo se pone en ejecución por medio del modelo N: 1, todos los suscriptores se asocian a un servicio particular y DSLAM mapea a una sola vlan. El DSLAM realiza una función *ethernet bridge* entre las líneas de agregado DSL, la vlan y el *upstream* de la vlan. Una de las ediciones de seguridad se asoció a *ethernet bridging* en WT-101 y es que un suscriptor puede poder adherirse a los *frames* de *ethernet* de otro suscriptor.

Uno de los requisitos arquitectónicos de WT-101 es que las sesiones de transporte del suscriptor (las sesiones de PPPoE o de *dhcp*) estén asociadas a la línea DSL de la cual la sesión se originó. Porque una sola vlan en el modelo N: 1 puede representar muchas líneas de suscriptores, la identificación de la misma vlan no se puede utilizar para asociar a otro suscriptor DSL. WT-101 utiliza las extensiones para sesiones de protocolos de transporte de ellos mismos para proporcionar identificación de la línea del suscriptor en la vlan del modelo N: 1. WT-101 especifica el uso de las etiquetas de PPPoE para proveer la función en línea del suscriptor de la identificación de sesiones PPPoE y especifica el uso de la opción 82 de *dhcp* para proporcionar la identificación de la línea del suscriptor para las sesiones *dhcp*.

5.3.1.2.2 Modelo Vlan 1:1

En el modelo vlan 1:1, cada línea del suscriptor se identifica en la red de la agregación por medio de una identificación separada de vlan. Esta arquitectura es muy similar a la arquitectura basada en ATM original de la agregación del DSL, porque un circuito virtual separado de ATM identifica a cada suscriptor en la arquitectura de ATM en los BRAS. Debido al número de *bits* en una etiqueta de vlan 802.1q, la capa 2 en la red de agregación soporta a más de 4,096 suscriptores usando la encapsulación 802.1ad para soportar el modelo de vlan 1:1.

En este modelo, el DSLAM debe mapear cada línea DSL a una etiqueta separada de VLAN en el *uplink* de *ethernet*. Cuando se utiliza la encapsulación 802.1q, el DSLAM debe mapear cada línea del DSL a una identificación separada de VLAN 802.1q. Cuando se utiliza la encapsulación 802.1ad, el DSLAM debe mapear cada línea DSL a un sistema separado de las etiquetas internas y externas 802.1ad. El modelo de exploración del DSLAM usado para la agregación del modelo vlan 1:1 es una simple cross conexión. El DSLAM simplemente remite todos los paquetes a una línea específica DSL y el servicio de acceso lo identifica con una etiqueta (VC, VLAN o valor de *EtherType*) a una identificación específica de vlan en el puerto *upstream* de GE.

Mientras que WT-101 no especifica el mapeo entre una línea DSL y un sistema de las etiquetas 802.1ad, un mapeado directo simplifica los requisitos de la red de agregación de la capa 2 implicando el mapeo de una línea de identificación DSL a la identificación interna de vlan (C-etiqueta) y a una identificación única de DSLAM a la identificación externa de vlan (macho). Cuando esta forma de mapeo se utiliza, una red de agregación de capa 2 apoya solamente la encapsulación 802.1q utilizando la agregación, para que el servicio mapeado para N: 1 se realice por medio de una etiqueta 802.1q y para los servicios de

1:1 por medio del macho 802.1ad. La figura 58 ilustra una arquitectura del acceso del multi-VC, donde el DSLAM mapea voz y VCs de *video* para mantener vlans N:1, mientras que el acceso VCs a *Internet* mapea al suscriptor (1:1) VLANs. La figura 59 ilustra una arquitectura para una sola VC de acceso, donde el DSLAM mapea voz y VCs de *video* para mantener vlans (1:1), mientras que el acceso VCs del *Internet* es mapeado por el suscriptor vlans(1:1).

Cuando el mapeo del servicio se utiliza en la capa dos de la red de agregación, el modelo de vlan 1:1 se puede utilizar para algunos servicios, mientras que el modelo de vlan N: 1 se puede utilizar para otros servicios.

La arquitectura de transporte hace uso de esta funcionalidad para permitir el servicio de acceso a *Internet* usando vlans 1:1 , mientras que el servicio *video* utiliza vlan N: 1 . Cuando el servicio de vlan 1:1 se pone en ejecución por medio de la encapsulación 802.1ad, vlan 1:1 mapea al suscriptor de línea al esquema descrito anteriormente, se puede configurar para asegurarse de que el macho generado por el DSLAM de acceso a *Internet* es diferente de la etiqueta 802.1q generada para el servicio *video*. Esta configuración permite a la red de agregación de capa 2 separar las topologías lógicas para el acceso al vídeo y a *Internet* usando solamente el macho de 802.1q VLAN/802.1ad.

5.3.2 WT-101 Arquitectura de QoS

Los requisitos especificados en WT-101 permiten una arquitectura centralizada o distribuida de QoS que se pondrá en ejecución en las redes de acceso y de agregación.

Figura 58. 1:1 + N:1 Mapeo de servicio en arquitectura de acceso Multi-VC

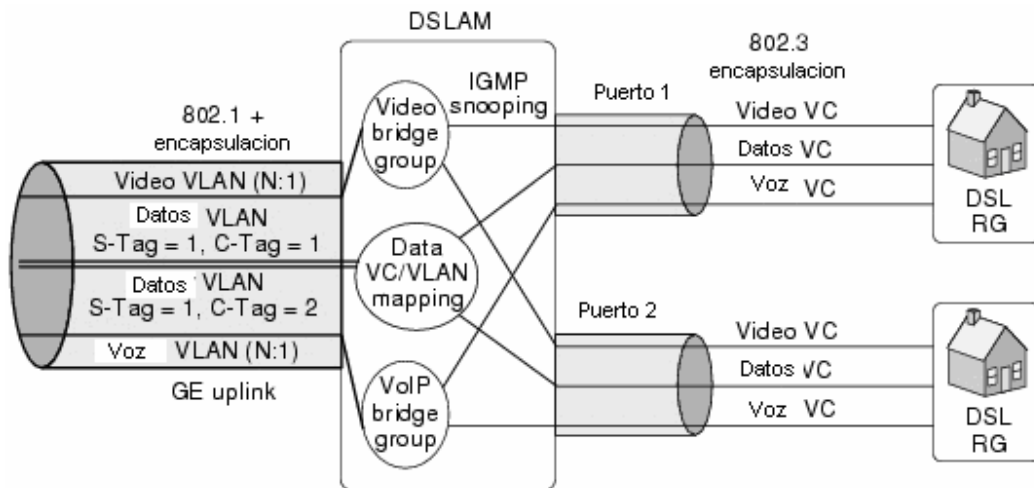
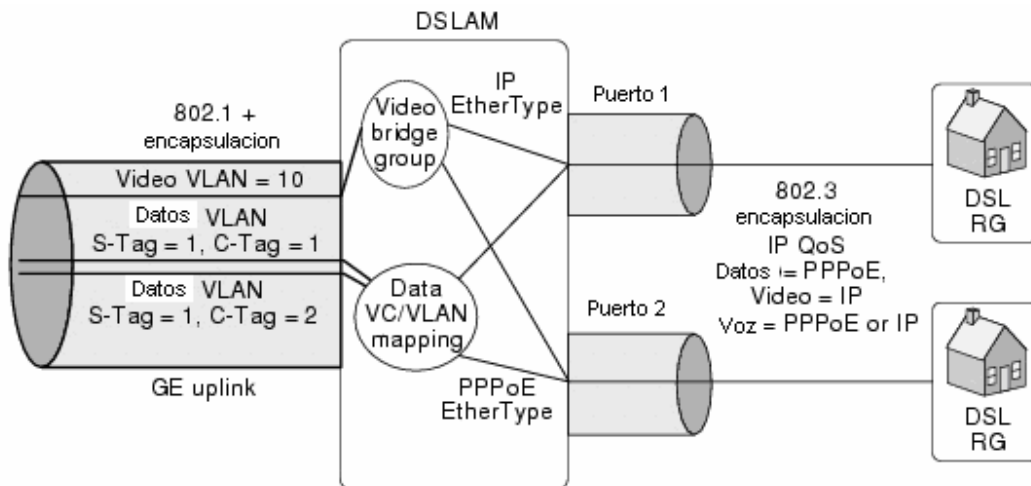


Figura 59. 1:1 + N:1 Mapeo de servicio en arquitectura de acceso *EtherType*



5.3.2.1 Centralización de la arquitectura de QoS

En la centralización de la arquitectura de QoS, toda la funcionalidad de QoS se pone en ejecución en los BRAS si la capa dos de los nodos y el DSLAMs de la agregación no son capaz de soportar QoS. En esta arquitectura, los BRAS

esencialmente modelan las redes de agregación y de acceso usando los algoritmos que forman y programan los tres niveles jerárquicos descritos en el foro TR-59 del DSL. El modelo centralizado de QoS también asume que todo el tráfico para todos los servicios son en sentido descendente, con un solo nodo de los BRAS. Una arquitectura centralizada de QoS en la cual toda la QoS se pone en ejecución en los BRAS implica que toda la réplica del *multicast* también está hecha en los BRAS.

5.3.2.2 Distribución de la arquitectura de QoS

En una arquitectura distribuida de QoS, toda la QoS se pone en ejecución por medio de planificadores en acoplamientos físicos. En esta arquitectura, cualquier acoplamiento físico que pueda experimentar la congestión requiere un planificador de paquetes que sea capaz de clasificar y de programar clases del tráfico múltiples. La arquitectura del IETF *DiffServ* (RFC 2475) es un ejemplo de una arquitectura distribuida de QoS.

5.3.3 WT-101 Arquitectura de borde de capa 3

Los requisitos especificados en WT-101 permiten que se ponga en ejecución una arquitectura simple o múltiples arquitecturas del borde de capa 3.

5.3.3.1 Borde simple de capa 3

En la arquitectura simple de borde de capa 3, todos los servicios se terminan en un solo nodo, los BRAS. La arquitectura de borde solo se requiere en las redes que utilizan un modelo centralizado de QoS.

5.3.3.2 Borde múltiple de capa 3

En la arquitectura de borde múltiple de capa 3, diversos servicios se pueden terminar en diversos nodos del borde de capa 3. Esto podría ser hecho mapeando diversos servicios a diversas identificaciones de VLAN en el DSLAM,

o podría ser hecha resolviendo ARP a diversos nodos del borde de la capa 3 que servían con subnet específicas. La solución de la arquitectura de transporte utiliza la arquitectura múltiple del borde de capa 3, donde diversos servicios son mapeados a diversas VLANs en el DSLAM.

5.3.4 WT-101 Arquitectura *multicast*

Los requisitos especificados en WT-101 apoyan un modelo centralizado o distribuido de la réplica para la replicación del *multicast*

5.3.4.1 Réplica centralizada

En la arquitectura replica centralizada, toda la réplica del *multicast* se realiza en los BRAS. Esto tiene un impacto bastante significativo en el ancho de banda usado para un servicio *broadcast* de *video*, porque todas las corrientes del *broadcast* de *video* son esencialmente unicast de los BRAS

Existe una función implícita que toda la réplica del *multicast* se realice en los BRAS cuando se utiliza la arquitectura centralizada de QoS. La razón que implica esta función es porque cuando el tráfico del *multicast* se repliega en un nodo *downstream* del BRAS, ese nodo esencialmente inyecta el tráfico que no se ha modelado en el planificador jerárquico de los BRAS. El tráfico inyectado podría entonces causar la congestión en el nodo que realizaba la réplica, dando por resultado que los paquetes de *video* sean caídos debido a esa congestión.

5.3.4.2 Replica distribuida

Esta arquitectura de replica distribuida se lleva a cabo en el borde de la capa 3, en la etapa de agregación y en todos los nodos de se acceso. Los nodos de capa 3 utilizan *multicast* IP y los de capa 2 usan IGMP *snooping*.

5.3.4.3 Análisis estadístico

A continuación se describe un modelo del análisis estadístico que es utilizado para comparar el ancho de banda usada para la replica distribuida frente a la réplica centralizada del *multicast*. El análisis utiliza probabilidad para determinar la cantidad de ancho de banda que es necesario para servir a una población de suscriptores que usan un servicio de *broadcast* de TV. Se modelan a cada suscriptor como un proceso al azar que selecciona un canal para mirar según una distribución dada de probabilidad a través de todos los canales posibles. Dado un grupo de canales, la media del ancho de banda requerido se calcula por los canales que están funcionando, dadas las probabilidades del “renombre” de los canales.

Para un solo canal, se calcula la probabilidad que es este canal como sigue:

$p = P\{\text{un suscriptor cambiara a este canal}\}$

$N = \text{Número de suscriptores sustentados por el AR o el DSLAM}$

$P\{\text{Canal sin uso}\} = (1 - p)N$

Para múltiples canales

$C = \text{Numero de canales}$

$p_k = P\{\text{un suscriptor cambia al canal kth l}\}$

El número medio de los canales funcionando es , CIU,

$$C_{iu} \equiv \sum_{k=1}^c \left[1 - (1 - P_k)^N \right]$$

Ancho de banda = CIU. Cuando se utiliza la réplica centralizada, un canal se está transmitiendo a cada suscriptor activo, así que el mismo canal se puede transmitir al mismo tiempo si está siendo visto por múltiples suscriptores

$r = \text{Total de canales por tarifa en el } P\{\text{el suscriptor es activo}\} \text{ o suma sobre todos los canales del } p_k,$

$N = \text{Numero de suscriptores},$

Ancho de banda = Nr .

Los gráficos siguientes proporcionan los resultados del análisis estadístico, que compara el ancho de banda usada en la replica centralizada frente a la réplica distribuida del *multicast*. La figura 60 muestra los ahorros del ancho de banda, con una población de 5000 suscriptores, mientras que la figura 61 se muestra los ahorros del ancho de banda para una población de 200 suscriptores.

Figura 60. Ancho de banda para replica centralizada frente a distribuida con 5000 suscriptores

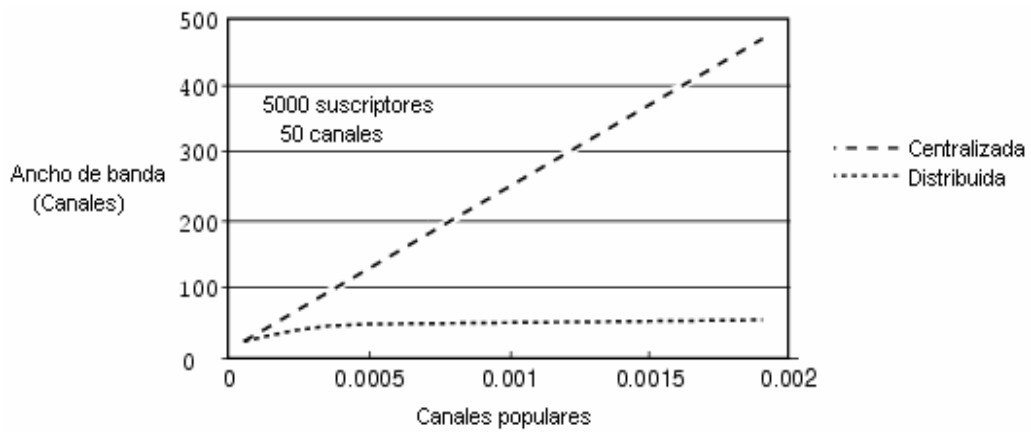
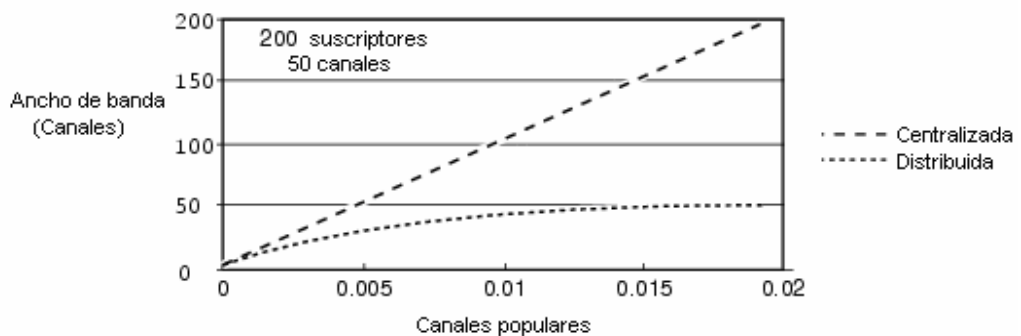


Figura 61. Ancho de banda para replica centralizada frente a distribuida con 200 suscriptores



En el modelo replica centralizada, cada canal se envía como corriente unicast de la fuente de la réplica. Debido a esto, las escalas del ancho de banda son lineales con el número de suscriptores, en comparación con el número de

canales. En el modelo de replica distribuida, solamente una copia de cada canal se envía, independiente del número de los suscriptores que lo miran. Por lo tanto, la cantidad de ancho de banda que se envíe en el modelo replica distribuida se calcula en el ancho de banda determinado por el número de los canales que son *broadcast*.

Según lo visto en la figura 60 y 61, la cantidad de ancho de banda ahorrada en los aumentos distribuidos del modelo de la réplica con el número de suscriptores es bastante útil. Esto es porque las escalas del ancho de banda en la réplica distribuida se modelan con el número de canales, mientras que las escalas del ancho de banda en la réplica centralizada se modelan con el número de suscriptores.

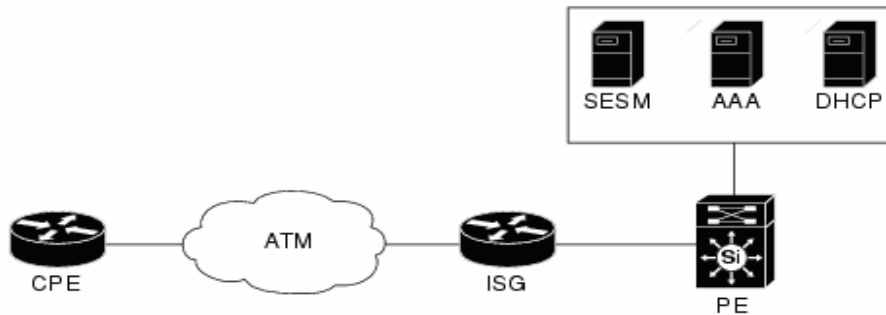
5.4 Configuración del diseño de la red para servicios *triple play*

El modelo es realizado para un solo ISP. En este modelo, dos interfaces IP se conectan y se configuran entre el CPE y el ISG: uno para las conexiones IP y otro para las conexiones PPPoE. Esta configuración permite que todos los suscriptores utilicen PPPoE para el tráfico de los datos, sin importar si están suscribiendo al servicio básico o al paquete del *triple play*. Este acercamiento de doble finalidad facilita ediciones de ayuda y de conversión que permite que el ISP se convierta gradualmente a un esquema IP completo. En la figura 62 se muestran los dispositivos básicos que son configurados en este diseño

Las configuraciones que se deben realizar para implementar el modelo diseñado son las siguientes:

- Configuración del ISG en la red
- Configuración del perfil en la red
- Configuración del CPE *bridge* en la red
- Configuración del PE en la red

Figura 62. Topología de los dispositivos básicos de la red diseñada



5.4.1 Configuración del ISG en la red

A continuación se describen las configuraciones que se deben realizar en el ISG

- Configuración del servidor AAA y la conexión del servidor *RADIUS*
- Configuración PPPoE y la conexión del CPE y PE
- Configuración de línea base del ISG para servicios del suscriptor
- Configuración de listas de acceso *inbound* y *outbound*
- Configuración de QoS para *triple play plus*
- Configuración de listas de acceso para *triple play plus*

5.4.1.1 Configurando el servidor AAA y la conexión del servidor *RADIUS*.

En esta sección de configuración del AAA, se realizan las conexiones al servidor AAA CAR, a Cisco SESM y a dos servidores que administran la cuenta. VSA permite la contabilidad y la autenticación y el interfaz 0 del loopback se utiliza para las comunicaciones del servidor AAA.

```
aaa new-model
!  
! Configures the AAA server group for the CAR AAA server.  
aaa group server radius CAR_SERVER
```

```

server 10.100.2.36 auth-port 1812 acct-port 1813
!
! Configures AAA for the CAR AAA server.
aaa authentication login default none
aaa authentication login IP_AUTHEN_LIST group CAR_SERVER
aaa authentication ppp default group CAR_SERVER
! Configures the connection to the Cisco SESM
aaa server radius sesm
client 10.100.4.38
key cisco
port 1812
message-authenticator ignore
!
! Loopback 0 is used for communicating with AAA, the billing servers, and SESM.
interface Loopback0
ip address 10.200.1.53 255.255.255.255

! Instructs the router to use loopback 0 to communicate with the AAA RADIUS servers.
ip radius source-interface Loopback0
!
! The CAR AAA server.
radius-server host 10.100.1.35 auth-port 1812 acct-port 1813 key cisco
radius-server retransmit 5
radius-server timeout 15
radius-server vsa send accounting
radius-server vsa send authentication

```

5.4.1.2 Configuración PPPoE y la conexión del CPE y PE

El ISG se configura para recibir las sesiones de PPPoE del CPE por el DSLAM y las tablas de MPLS VRF se crean para los suscriptores entrantes. No ip *dhcp* usa la vrf conectada

```

!
! Globally enables MPLS VRFs for incoming subscribers.
ip vrf VPN10003
rd 100:3
route-target export 100:3
route-target import 100:3
!
ip cef
!
! The BBA group method is used to configure PPPoE.
bba-group pppoe BBA_LM_ATM2
virtual-template 2
!
! This virtual circuit (VC) class is applied to the ATM PVC.
vc-class atm VC_LM_ATM2
! Associates the VC class with the above bba-group.

```

```

protocol pppoe group BBA_LM_ATM2
! Enables dynamic bandwidth selection.
  dbs enable maximum
  encapsulation aal5snap
  service-policy control RULE_PTA_LM_ATM2
!
! Gigabit Ethernet interfase 0/3 points to the PE.
interface GigabitEthernet0/3
  ip address 10.40.1.53 255.255.255.0
! The PBHK feature is enabled on this interfase.
  ip portbundle outside
  load-interval 30
  duplex full
  speed 1000
  media-type gbic
  negotiation auto
  mpls mtu 1522
  mpls ip
  service-policy output QOS_OUT_MPLS_UPLINK
  ip rsvp bandwidth 100000
!
! ATM interfase 1/0.103 points to the CPE.
interface ATM1/0.103 point-to-point
  ip unnumbered Loopback3
  ip verify unicast reverse-path
  ip helper-address 10.100.1.37
  no ip redirects
  no ip unreachablees
  no ip proxy-arp
  ip subscriber
  initiator dhcp
  atm route-bridged ip
  no atm enable-ilmi-trap
  ntp disable
  pvc 103/43
! The VC class is associated with the PVC.
  class-vc VC_LM_ATM2
  service-policy input QOS_IN_LM_ATM2
  service-policy output QOS_OUT_LM_ATM2
  service-policy control RULE_IP_LM_ATM2
!
! PPPoE subscribers use this virtual template.
interface Virtual-Template2
  description LM ATM2 PTA Subscriber
  no ip address
  no peer default ip address
  no keepalive
  ppp authentication chap
  ppp timeout authentication 100
  ppp timeout aaa
!
! The PPPoE pool that is assigned to subscribers.

```



```
ip local pool cpe3_pool-53 192.168.3.2 192.168.3.100
```

5.4.1.3 Configuración de línea base del ISG para servicios del suscriptor

Los servicios del *software* del ISG de línea base, en la capa 4 se vuelven a dirigir, así como los métodos de autenticación del *software* del ISG y adema de la configuración *PBHK*. Cuando se permite la característica de *PBHK*, los paquetes del TCP de los suscriptores mapean a una dirección IP local para la entrada del ISG y a una gama de puertos. Este mapeo permite que el portal identifique la entrada del ISG de la cual se origino la sesión.

```
redirect server-group SESM_SERVER_GROUP
server ip 10.100.3.34 port 8080
!
! This policy map governs authentication.
policy-map control RULE_IP_LM_ATM2
! Unauthenticated traffic is dropped after the timer expires.
class control IP_UNAUTH_COND event timed-policy-expiry
  1 service disconnect
!
class control always event session-start
! PBHK must be applied before authorization, because if subscribers are authorized first,
! ISG software will skip the remaining steps and PBHK won't be applied.
  1 service-policy service name PBHK_SERVICE
! Authorizes subscribers based on their MAC address. If authorization is successful, the
! remaining steps are skipped.
  2 authorize aaa password lab identifier mac-address
! If authorization fails, subscribers are redirected to the Cisco SESM.
  3 service-policy service name L4REDIRECT_SERVICE
! When users are redirected, the IP_UNAUTH_TIMER gives them 5 minutes to manually
! authenticate at the Cisco SESM before the session is dropped.
  4 set-timer IP_UNAUTH_TIMER 5
!
class control always event account-logon
! Authorization is performed based on the IP_AUTHEN_LIST.
  1 authenticate aaa list IP_AUTHEN_LIST
! If authorization fails, users are redirected to the Cisco SESM.
  2 service-policy service unapply name L4REDIRECT_SERVICE
!
policy-map control RULE_PTA_LM_ATM2
class control always event session-start
  1 service-policy service name PBHK_SERVICE
!
```

! Enables port bundle host key (PBHK) access to the Cisco SESM. Each loopback interface
! can support up to 4031 bundles. If additional capacity is required, configure additional
! loopback interfaces.

```
ip portbundle
```

```
match access-list 135
```

! The Loopback 0 interface is used to communicate with the Cisco SESM.

```
source Loopback0
```

!

! This class map specifies that a timer is initiated for unauthenticated sessions. If the
! subscriber does not authenticate before the timer expires, the session is dropped.

```
class-map control match-all IP_UNAUTH_COND
```

```
match timer IP_UNAUTH_TIMER
```

```
match authen-status unauthenticated
```

5.4.1.4 Configuración de listas de acceso *inbound* y *outbound*

Las listas de acceso básicas se configuran para administrar el acceso a *Internet* de los suscriptores y una lista de acceso se crea para la característica de *PBHK*.

! This access list is referenced in the AAA subscriber profile. It governs incoming
! Internet traffic. The Internet access lists should prevent subscribers from accessing
! the Cisco SESM and other management devices to help prevent denial-of-service attacks.

!

```
ip access-list extended Internet-in-acl
```

```
deny ip any 2XZ.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XJ.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XH.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XK.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XL.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XM.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XN.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XP.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XQ.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any XR.0.0.0 0.255.255.255
```

```
deny ip any 10.200.0.0 0.0.255.255
```

```
permit ip any any
```

!

! The following access list is called out in the AAA subscriber profile. It
! governs outgoing Internet traffic. The Internet access lists should prevent
! subscribers from accessing the Cisco SESM and other management devices to
! help prevent denial-of-service attacks.

!

```
ip access-list extended Internet-out-acl
```

```
deny ip 2XZ.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```
deny ip 10.200.0.0 0.0.255.255 any
```

```
deny ip XJ.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```
deny ip XH.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```
deny ip XK.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```
deny ip XL.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```
deny ip XM.0.0.0 0.255.255.255 any
```

```

deny ip XN.0.0.0 0.255.255.255 any
deny ip XP.0.0.0 0.255.255.255 any
deny ip XQ.0.0.0 0.255.255.255 any
deny ip XR.0.0.0 0.255.255.255 any
permit ip any any
!
! This access list is used in the ip portbundle configuration above.
access-list 135 permit ip any host 10.100.4.38
access-list 135 deny ip any any

```

5.4.1.5 Configuración de QoS para *triple play plus*

En *Triple play* el servicio de paquetes es configurado especificando diversos niveles de QoS para cada uno de los servicios seleccionados por el usuario. Se configuran tres niveles de *dscp*: juego, control de la llamada y voz. Las aplicaciones del vídeo en demanda utiliza el mismo *dscp* que el servicio de voz. La política de mapeo entonces se utiliza para aplicar esta configuración de QoS a las interfaces de entrada y de salida.

```

! These class maps specify the various DSCP levels.
class-map match-any QOS_GROUP_CALL_CONTROL
  match qos-group 2
class-map match-any GAMING
  match ip dscp af21
class-map match-any QOS_GROUP_GAMING
  match qos-group 3
class-map match-any CALL_CONTROL
  match ip dscp cs3
class-map match-any QOS_GROUP_VOICE
  match qos-group 1
class-map match-any VOICE
  match ip dscp ef
!
! This policy map governs QoS for the outbound interface to the CPE.
policy-map QOS_OUT_LM_ATM2
  class VOICE
    priority 128
  class CALL_CONTROL
    bandwidth percent 5
  class GAMING
    bandwidth percent 20
!
! This policy map governs QoS for the outbound interface to the PE.
policy-map QOS_OUT_MPLS_UPLINK
  class QOS_GROUP_VOICE
    set mpls experimental topmost 5

```

```

class QOS_GROUP_CALL_CONTROL
  set mpls experimental topmost 3
class QOS_GROUP_GAMING
  set mpls experimental topmost 2
class class-default
  set mpls experimental topmost 0

```

! This policy map governs QoS for the inbound interface from the CPE.

```
policy-map QOS_IN_LM_ATM2
```

```
class VOICE
```

! Caps bandwidth for VoIP and VoD traffic at 128 kbps.

```

police cir 128000
  exceed-action drop
  set qos-group 1

```

```
class CALL_CONTROL
```

! Caps bandwidth for call control traffic at 12.5 kbps.

```

police cir 12500
  exceed-action drop
  set qos-group 2

```

```
class GAMING
```

! Caps bandwidth for gaming traffic at 75 kbps.

```

police cir 75000
  exceed-action drop
  set qos-group 3

```

! This policy map governs QoS for the default service.

```
policy-map QOS_IN_LM_ATM2_256K
```

```
class class-default
```

! Caps bandwidth for basic connectivity traffic at 256 kbps.

```

police cir 256000
  exceed-action drop
  set qos-group 1

```

```
service-policy QOS_IN_LM_ATM2
```

5.4.1.6 Configuración de listas de acceso para *triple play plus*

Las listas de acceso siguientes administran el acceso de los suscriptores que han activado varios servicios

! The gaming access lists allow gaming subscribers to access only the gaming server.

```
ip access-list extended GAMING_IN_ACL
```

```
permit ip any 10.47.0.0 0.0.255.255
```

```
deny ip any any
```

```
ip access-list extended GAMING_OUT_ACL
```

```
permit ip 10.47.0.0 0.0.255.255 any
```

```
deny ip any any
```

! The opengarden access lists govern the access of users who have not activated an

! advanced service.

```
ip access-list extended OPENGARDEN_IN_ACL
```

```

permit ip any 10.100.0.0 0.0.255.255
permit ip any 10.48.0.0 0.0.255.255
permit ip any 192.168.3.0 0.0.0.255
ip access-list extended OPENGARDEN_OUT_ACL
permit ip 10.100.0.0 0.0.255.255 any
permit ip 10.48.0.0 0.0.255.255 any
permit ip 192.168.3.0 0.0.0.255 any
ip access-list extended SESM-in-acl
permit ip any host 10.100.3.34
deny ip any any
ip access-list extended SESM-out-acl
permit ip host 10.100.3.34 any
deny ip any any
! The VoD access lists allow VoD subscribers to access only the VoD server.
ip access-list extended VOD_IN_ACL
permit ip any 10.46.0.0 0.0.255.255
deny ip any any
ip access-list extended VOD_OUT_ACL
permit ip 10.46.0.0 0.0.255.255 any
deny ip any any
! The VoIP access lists allow VoIP subscribers to access only the VoD server.
ip access-list extended VOIP_IN_ACL
permit ip any 10.45.0.0 0.0.255.255
deny ip any any
ip access-list extended VOIP_OUT_ACL
permit ip 10.45.0.0 0.0.255.255 any
deny ip any any

```

5.4.2 Configuración de perfiles en la red

Las siguientes tareas de configuración son realizadas en el servidor AAA.

- Configuración la redirección de la capa 4
- Configuración de *PBHK*
- Configuración de perfiles de servicio
- Configuración de perfiles de usuario

5.4.2.1 Configuración de la redirección de la capa 4

Estos atributos son activados en la redirección de la capa 4.

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/L4REDIRECT_SERVICE/Attributes ]
! The Layer 4 Redirect feature is given the priority level 5, which is a higher priority
! than the user-selectable features. This ensures that subscribers are redirected when
! their accounts are exhausted.
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in access-group name IP_REDIRECT_ACL priority 5"
```

```

Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in default drop"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out access-group name IP_REDIRECT_ACL priority 5"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out default drop"
Cisco-AVPair = "ip:l4redirect=redirect to group SESM_SERVER_GROUP"
Cisco-SSG-Service-Info = IL4REDIRECT_SERVICE

```

5.4.2.2 Configuración de *PBHK*

Este perfil es activado para las características *PBHK* en el servidor AAA, el cuál permite el acceso al SESM por la característica de *PBHK*

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/PBHK_SERVICE/Attributes ]
```

```
Cisco-AVPair = ip:portbundle=enable
```

```
! The I attribute tells the Cisco SESM that the name of this service is named
! "PBHK_SERVICE". Nonsubscriber services such as PBHK are defined only on the ISG itself
! and not displayed in the SESM service selection web page, and so are defined in a
! service profile without the R attribute.
```

```
Cisco-SSG-Service-Info = IPBHK_SERVICE
```

5.4.2.3 Configuración de perfiles del servicio

Los siguientes perfiles de servicio son activados en el servicio de juegos

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/GAMING_SERVICE/Attributes ]
```

```
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in access-group name GAMING_IN_ACL"
```

```
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in default drop"
```

```
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out access-group name GAMING_OUT_ACL"
```

```
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out default drop"
```

```
! The "I" in the attribute tells the Cisco SESM that the name of this service is
! "IGAMING_SERVICE".
```

```
Cisco-SSG-Service-Info = IGAMING_SERVICE
```

```
! The R attribute is required in service profiles for compatibility with SSG,
! to define subscriber services that will be displayed in the SESM web page.
```

```
Cisco-SSG-Service-Info = R10.43.1.0;255.255.255.0
```

Los siguientes perfiles de servicios son activados en el servicio *opengarden_service*. El termino Open garden es una característica que viene del SSG que proporciona servicios por default y acceso básico a *Internet*

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/OPENGARDEN_SERVICE/Attributes ]
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in access-group name OPENGARDEN_IN_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in default drop"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out access-group name OPENGARDEN_OUT_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out default drop"
Cisco-SSG-Service-Info = IOPENGARDEN_SERVICE
```

El siguiente perfil de servicio activa el servicio VOIP_SERVICE :

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/VOIP_SERVICE/Attributes ]
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in access-group name VOIP_IN_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in default drop"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out access-group name VOIP_OUT_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out default drop"
Cisco-SSG-Service-Info = IVOIP_SERVICE
Cisco-SSG-Service-Info = R10.43.1.0;255.255.255.0
```

El siguiente perfil de servicio activa el servicio VOD_SERVICE :

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/VOD_SERVICE/Attributes ]
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in access-group name VOD_IN_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=in default drop"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out access-group name VOD_OUT_ACL"
Cisco-AVPair = "ip:traffic-class=out default drop"
Cisco-SSG-Service-Info = IVOD_SERVICE
Cisco-SSG-Service-Info = R10.43.1.0;255.255.255.0
```

El siguiente perfil de servicio activa el servicio INTERNET_SERVICE.

Los suscriptores seleccionan este servicio para volver al servicio por default, es decir al servicio básico de *Internet*.

```
[ //localhost/Radius/UserLists/SERVICES/INTERNET_SERVICE/Attributes ]
Cisco-AVPair = ip:inacl=Internet-in-acl
Cisco-AVPair = ip:outacl=Internet-out-acl
Cisco-SSG-Service-Info = IINTERNET_SERVICE
Cisco-SSG-Service-Info = R10.43.1.0;255.255.255.0
```

5.4.2.4 Configuración de perfiles de usuarios

El siguiente perfil de usuario es para sesiones IP que usan direcciones MAC basadas en TAL.:

```
[ //localhost/Radius/UserLists/ie2-C7206-ATM/0000.1001.1014/Attributes ]
Cisco-SSG-Account-Info = AOPENGARDEN_SERVICE
Cisco-SSG-Account-Info = AVOIP_SERVICE
Cisco-SSG-Account-Info = AVOD_SERVICE
Cisco-SSG-Account-Info = AGAMING_SERVICE
```

El siguiente perfil de usuario es para usuarios PPPoE

```
[ //localhost/Radius/UserLists/ie2-C7206-ATM/C72_DM3_1188/Attributes ]
Cisco-AVpair = ip:vrf-id=VPN_C72_DM3_2038
Cisco-AVpair = "ip:ip-unnumbered=loopback 2001"
Cisco-AVpair = ip:addr-pool=C72_DM3_2001
Cisco-SSG-Account-Info = AINTERNET_SERVICE
```

5.4.3 Configuración del CPE *Bridge* en la red

La configuración siguiente establece conectividad básica a través de la red y permite al usuario establecer el acceso básico de la capa 3 VPN:

```
no aaa new-model
ip subnet-zero
no ip domain lookup
!!
ip audit notify log
ip audit po max-events 100
no ftp-server write-enable
!
interface Ethernet0
no ip address
bridge-group 1
```



```
hold-queue 100 out
!  
interface ATM0  
no ip address  
no atm ilmi-keepalive  
dsl operating-mode auto  
!  
interface ATM0.5 multipoint  
pvc 5/43  
encapsulation aal5snap  
!  
bridge-group 1  
!  
interface FastEthernet1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
!  
interface FastEthernet2  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
!  
interface FastEthernet3  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
!  
interface FastEthernet4  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
!  
ip classless  
!
```

```
ip http server
no ip http secure-server
!
bridge 1 protocol ieee
```

5.4.4 Configuración del PE en la red

La configuración básica siguiente se requiere para todos los modelos del diseño. El PE se configura para asignar a los suscriptores a una VRF y para permitir que los usuarios tengan acceso a Cisco SESM.

! Configures the VRF to which subscribers are assigned.

```
ip vrf VPN10003
rd 100:3
route-target export 100:3
route-target import 100:3
!
router bgp 100
no synchronization
bgp router-id 10.200.1.45
bgp log-neighbor-changes
redistribute connected
redistribute static
neighbor 10.200.1.41 remote-as 100
neighbor 10.200.1.41 update-source Loopback0
no auto-summary
!
! Allows VRF routes into the BGP routing table.
address-family ipv4 vrf VPN10003
redistribute connected
redistribute static
no auto-summary
no synchronization
network 10.44.103.0 mask 255.255.255.0
aggregate-address 10.44.103.0 255.255.255.0 summary-only
exit-address-family
```

!

! Redistributes a route for subscribers in VRF VPN10003 from the global routing table into the VRF routing domain. This route is used for subscribers to access the Cisco SESM.

! This command is only necessary when the PBHK feature is enabled.

```
ip route vrf VPN10003 10.100.3.34 255.255.255.255 GigabitEthernet3/14 10.100.3.34
```

5.5 Retorno de la inversión

Al implantar una sola red de voz, datos y vídeo en todas las ubicaciones se consigue reducir los costos de capital. Además, como el teléfono y el PC comparten el mismo cable *ethernet*, los costes de cableado disminuyen. Esto implica menores costes globales en la infraestructura de la red, así como la reducción de los costos de administración de la red, ahorros a corto y largo plazo en la administración de una red, un solo proveedor, un solo contrato de mantenimiento, cableado común, reducción en la transacción de llamadas, menor complejidad de integración de una aplicación, etc.

Una ruta de migración transparente desde su actual solución a la telefonía IP. La solución de telefonía IP se ha diseñado para ofrecer una estrategia de migración de bajo riesgo desde su actual infraestructura. Como resultado, es posible migrar a su propio ritmo, con una solución que se ampliará para asumir los cambios que tengan lugar en las empresas.

5.5.1 Ventajas del servicio *Triple Play*

Vídeo: La llegada de IPTV (*Internet Protocol TV*)

Una de las características que más se publicitan al hablar de la televisión IP (IPTV) es que permitirá al espectador elegir el ángulo desde el cual desea ver una competición deportiva e incluso ofrecerá vistas de una misma jugada desde varios puntos simultáneamente, sirviéndose de lo que se conoce en el mundo

de la edición de vídeo como *Picture in Picture* o PIP. Sin embargo, actualmente los proveedores de televisión por satélite ofrecen algo similar. Por tanto, ¿cuáles son las mejoras que introduce la IPTV? Podemos resumirlas en tres: En primer lugar, el telespectador no necesita tener varios aparatos decodificadores en casa. Un único dispositivo es suficiente para distribuir la televisión convencional, los canales satelitales, la televisión digital terrestre, televisión de alta definición, canales de radio con calidad digital y en general cualquier contenido audiovisual susceptible de ser empaquetado en IP.

En segundo lugar, la integración de la televisión con un enlace a *Internet* de alta velocidad permite acceder a aplicaciones multimedia como por ejemplo chats, descargar información acerca de la película que se está viendo en ese momento o intercambiar mensajes SMS con los amigos sin perderse ni un minuto del partido.

Y en tercer lugar, las posibilidades del *Picture in Picture* (PIP) no se limitarán al multiángulo. El telespectador dispondrá de una interfase diseñada para mostrar simultáneamente todos los partidos de fútbol que concurren en un determinado momento de la jornada o podrá previsualizar la programación del día a través de guías multimedia flexibles e interactivas. De esta forma, los proveedores de contenidos dispondrán de nuevos medios para hacer llegar sus ofertas a los consumidores. Adicionalmente, la IPTV traerá mejoras para los aficionados al *zapping*. El cambio de un canal a otro será casi instantáneo en comparación con las emisiones por cable o por satélite, gracias a una utilización 'inteligente' del protocolo IP *multicast*.

Voz: Telefonía sobre IP (ToIP) en lugar de Voz sobre IP (VoIP)

Hoy en día, las redes IP/MPLS sobre *Gigabit Ethernet* constituyen la tecnología de elección para dar soporte a los servicios *Triple Play*. Entre sus ventajas

figura la uniformidad de la tecnología de transmisión (*Ethernet*), que abarca desde el nodo de acceso hasta el proveedor de contenidos y la capacidad de asegurar la calidad de servicio. Básicamente, esto último significa que se distinguen los flujos de voz, vídeo y datos, dándoles un trato diferenciado, sobre todo consistente, durante su viaje a través de la red.

Por tanto, la nueva arquitectura de red puede garantizar que el transporte empaquetado de la voz entre los hogares y el proveedor de telefonía cumplirá los requisitos de retardo y *jitter* comparables a los de la telefonía clásica o de 'línea dedicada', sin verse afectados por posibles variaciones en los flujos de vídeo y datos.

En algunos foros se comienza a hablar de Telefonía sobre IP ó ToIP para referirse a esta forma de voz sobre IP que garantiza por un lado la calidad del servicio, por otro la interconexión entre las redes de VoIP y las redes de voz convencionales.

Datos: HSIA (High Speed *Internet* Access) al servicio de la experiencia multimedia. Gracias a la priorización de unos flujos IP sobre otros, el ancho de banda sobrante no utilizado por la transmisión de voz o de vídeo se puede aprovechar para el acceso a *Internet* de alta velocidad, sin que la calidad de la imagen o del audio se vea afectada. Los accesos VDSL permitirán a los usuarios conectarse con anchos de banda reales cercanos a los 20Mb/s. Las nuevas aplicaciones multimedia aprovecharán la conectividad a *Internet* para enriquecer los contenidos audiovisuales en tiempo real.

CONCLUSIONES

1. La recomendación H.323 define los componentes, procedimientos y protocolos necesarios para proporcionar comunicaciones de audio y *video* a través de redes lan, proporciona la descripción del sistema de VoIP, de sus componentes y de los procedimientos para interoperar. Cuando se transmite voz sobre IP, se digitaliza la voz, se comprime y luego se empaqueta en datagramas IP para su transmisión por la red.
2. XDSL es un conjunto de tecnologías que proveen servicios de banda ancha utilizando ATM para la conmutación, convirtiendo las líneas analógicas convencionales en digitales, usando las frecuencias por arriba del espectro de voz logrando con esto codificar más datos alcanzando tasas de transmisión muy altas. Se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico descendente y el ascendente. La velocidad de transmisión es inversamente proporcional a la distancia del cobre desde la central al abonado, debido a que la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementan la frecuencia de las señales de transmisión y la longitud de la línea. La atenuación disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo.
3. El Hogar Multimedia trae consigo una capacidad de acceso a nuevos contenidos audiovisuales, se incorporarán al televisor nuevas funcionalidades, como la realización de llamadas telefónicas y grabación de vídeo con calidad digital. Aparecerán nuevos servicios y aplicaciones flexibles e interactivas, con alto grado de valor añadido para los clientes y una gran capacidad de generar ingresos tanto para las operadoras como para los proveedores de contenidos.

4. El *broadcast* de TV se compone de corrientes del vídeo del *multicast*. Si una fuente del *multicast* se pierde dentro de la red, podría afectar centenares de millares de usuarios. La red debe optimizar el *multicast* IP y debe proporcionar maneras transparentes de restaurar la pérdida de estas fuentes. Poner fuentes redundantes geográficamente dispersadas del *multicast* en ejecución del IP es una buena manera de aumentar disponibilidad porque permite que la red seleccione la fuente más eficiente y proporcione la conmutación rápida de una fuente a otra.

5. Durante el tiempo de *zapping* el ancho de banda es usado rápidamente y podría existir una pantalla en blanco, pixelización y/o *video* mezclado, por lo que se debe tener cuidado de no sobrepasar el ancho de banda del canal a través de tener una latencia breve.

RECOMENDACIONES

1. Se debe tener el cuidado de probar rigurosamente los pares existentes de cobre para que se encuentren en buen estado y cumplan con los parámetros requeridos para poder transmitir por ellos voz, datos y *video*. Estos requisitos son: tener un buen balance longitudinal y aislamiento entre hilos, baja atenuación, distancia adecuada, no debe tener inducción de voltajes, corrientes, ruidos, etc., para garantizar la calidad del servicio que se le ofrece al cliente. Con esto se obtiene un mejor rendimiento en las conexiones y se evitan pérdidas significativas que degraden el servicio.
2. Se debe tener el equipo de medición adecuado para realizar pruebas confiables, como por ejemplo, *Acterna Hst3000*, *Dynatel*, computadoras, etc., Además de contar con personal calificado para este trabajo.
3. Implementar canales en el mundo de *video* sobre IP es un asunto complicado, se debe suministrar una correcta funcionalidad en diferentes componentes en la red, por ejemplo implementar *proxy IGMP* como función en el DSLAM para aumentar su funcionalidad. El resolver los asuntos de la red de *video* sobre IP no es cuestión de un sólo elemento, la mayoría de aspectos están relacionados con el *delay* del cambio de canal, la codificación, cómo esta diseñada la red y la implementación de los *set-up box*. El tiempo de cambio de canal es un indicador bueno de la sensibilidad total de la red.
4. Los tiempos de respuesta para los pedidos de enlace de *multicast* deben ser optimizados tanto como sea posible, para minimizar la latencia de la red al repartir el nuevo flujo al STB, igualmente de importante es el tiempo de

latencia de los permisos IGMP. Los enlaces largos pueden resultar como visualización lenta de nuevas imágenes del canal. La razón de desconectar los canales anteriores en un momento oportuno logra que no se acumulen flujos múltiples.

5. Los proveedores de servicio deben cumplir con ciertos requisitos fundamentales del vídeo sobre el tráfico IP, como lo son: un diseño optimizado de *multicast* IP, un buen manejo de la QoS, protección de la red incluyendo un acoplamiento básico, deben proveer mecanismos para evitar interrupciones y mecanismos de control de admisión que protejan el abastecimiento del servicio contra la sobre suscripción, ésta puede degradar el *video* debido a la suscripción de varios espectadores simultáneamente.
6. Una idea falsa común es que una red *multicast* IP causa cambios lentos del canal. Aunque es innegable que parar la recepción de un canal del *multicast* y comenzar la recepción de otro no es instantáneo, la operación toma típicamente cerca de 50 ms.
7. Los términos tiempo real e IP nunca han sido sinónimos y podrían nunca serlos, pero si la voz y el *video* tienen que ser transportados en redes basadas en IP, este tráfico deberá ser transportado con el mínimo retardo como sea posible.
8. Es importante guardar en memoria la implementación de QoS para redes que soportan *triple play*, para asegurar la buena calidad en *video* y entrega de audio, pero también puede ayudar acelerar el tiempo permitido de enlace del canal. En servicios *triple play* la calidad de servicio (QoS) en la red necesitará ser tramado para permitir que el *video* tome la prioridad sobre otra clase de tráfico cuando exista congestión en la red.

9. Al implementar una red *triple play* se debe realizar un buen estudio del diseño, tomando en cuenta todos los factores y aspectos de cada servicio (voz, datos y *video*) para lograr tener una red optimizada y con ello lograr un excelente desempeño que beneficie tanto al proveedor proporcionando un servicio de calidad como al suscriptor. Integrar los servicios *triple play* en una sola red ip puede abaratar considerablemente los costos para el proveedor y este ahorro se puede trasladar al usuario final.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aretillo, J.. Aspectos Esenciales sobre Tecnología de Red ATM. Conectónica N.13. Diciembre 1996.
2. Caballero, José M. Redes de Banda Ancha. Barcelona, España. Editorial Marcombo. 1998.
3. Goralski, Walter. ADSL and DSL Technologies. New ODE, USA. Editorial McGraw-Hill. Series on computer Communications. 1998
4. Horst D. Clausen, Hilmar Linder y Bernhard Collini-Nocker. Internet over direct *broadcast* satellites. IEEE Communications Magazine, Junio 1999.
5. Ransom, N. and Asma, A. A. Broadband Access Technologies: ADSL/VDSL, Cable MODEM, Fiber and LMDS. Editorial McGraw-Hill. New York. 1999.
6. Rauschmayer, D. ADSL/VDSL Principles: A Practical and Precise Study of Asymmetric Digital Subscriber Lines. Editorial Macmillan Technical Publishing. 1998.
7. "DSL Forum Working Text WT-101, Revision 8: Migration to *Ethernet* Based DSL Aggregation—for Architecture and Transport Working Group," August 2005, edited by Amit Cohen and Ed Shrum.

8. Chandar Dhawan, Access Networks: Pstn, Isdn, Adsl, Internet and Wireless. Edicion Mc-GrawHill Series and Computer Communications. 1998.
9. Cisco System, DSLAM Cisco y MODEM Cisco. <http://www.cisco.com>.
10. "Technical Report, DSL Forum TR-059: DSL Evolution—Architecture Requirements for the Support of QoS-Enabled IP Services," at the following URL:www.dslforum.org/techwork/tr/TR-059.pdf
11. European telecommunications Standard Institute (ETSI), <http://www.etsi.fr/tm/access.html>.
12. Jim Lane. Personal Broadband Services: DSL and ATM. http://www.virata.com/virata_dsl-pdf.
13. <http://en.wikipedia.org/wiki>
14. <http://www.dslforum.org>
15. Multicast Virtual Private Networks Concepts
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk828/technologies_white_paper09186a00800a3db6.shtml.
16. Internet Protocol Multicast
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ipmulti.htm